

Martti Ahosola

Diagnostisten näyttöjen laadunvarmistus- prosessin kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Hyvinvointiteknologia

Insinöörityö

11.4.2016

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Martti Ahosola Diagnostisten näyttöjen laadunvarmistusprosessin kehittäminen 39 sivua + 7 liitettä 11.4.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Hyvinvointiteknologia
Suuntautumisvaihtoehto	-
Ohjaaja(t)	Huoltopäällikkö Markus Bergfors Yliopettaja Kari Björn
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin HUS-Kuvantamiselle. Työssä tutustuttiin radiologisiin näyttöihin ja tietojärjestelmän kehittämiseen. Projektin esitutkimuksen pohjalta aloitettiin tietojärjestelmän kehitys, jolla kerättäisiin näytöille tehtävistä laadunvarmistusmittauksista kaikki tarvittavat tiedot, jotka tallennettaisiin tietokantaan käsiteltäviksi ja analysoitaviksi. Tietokannasta tulisi saada erilaisia raportteja, jotka helpottavat mittaussyklien suunnittelua ja antavat yleisnäkymää näyttöjen suorituskykyyn liittyvistä asioista.</p> <p>Tietojärjestelmän toivottiin aiheuttavan mahdollisimman vähän lisäkustannuksia ja vähentävän työn määrää. Lisäksi mittauksissa käytössä olevaan mittauspöytäkirjaan toivottiin kevennystä. Vaatimusmäärittelyllä luotiin eri sidosryhmien määrittelemät vaatimukset, jonka perusteella toteutusvälineet valittiin. Tietojärjestelmä luotiin MS Access- ja MS Excel-ohjelmistoilla. Ohjelmistojen välille tehtiin ADO-tietokantayhteys, jonka avulla tiedot saatiin tietokantaan tallennettavaksi.</p> <p>Tietokannassa tietoja käsiteltiin SQL-kyselyiden avulla ja lopulta tietoja voitiin tarkastella raporteista, joiden hyötyä on arvioitu työn lopussa. Mittauspöytäkirja kevennettiin ja sen etenemistä muutettiin käyttäjien haluamaan järjestykseen. Tietojärjestelmän testauksen jälkeen mahdollisia virheitä kartoitettiin ohjelmistoille tehtävällä käytettävyyssarviolla. Projektin yhteenvedossa käytiin läpi projektin tavoitteet ja niiden perusteella saadut tulokset.</p>	
Avainsanat	Access, Excel, VBA, ADO, LCD, Diagnostinen näyttö, laadunvalvonta, käytettävyyssarvio

Author(s) Title Number of Pages Date	Martti Ahosola The development of diagnostic displays quality assurance's process 39 pages + 7 appendices 11 April 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Health Informatics
Specialisation option	-
Instructor(s)	Markus Bergfors, Service Manager Kari Björn, Principal Lecturer
<p>This thesis was done for HUS-Imaging. Thesis contains basics of radiology displays and the development of the information system. On the basis of a feasibility study of the project started developing an information system which would be collected displays the tasks of quality assurance measurements with all the necessary information that would be stored in a database for processing and analysis. The database should give a variety of reports that facilitates planning of measuring cycle and provide an overall view of the performance of displays.</p> <p>The information system was hoped to cause minimal additional costs and reduce the amount of work. Also the currently active measurement protocol wanted to be relieved. Requirement specification was created as defined by the requirements of different stakeholders on the basis of which the instruments were selected. The information system created with MS Access and MS Excel software. Database connection was made with ADO-component that allows data to be stored in the database.</p> <p>The database information dealt with SQL queries and the information can be seen at the reports that the benefit has been assessed at the end of the thesis. The measurement protocol was streamlined and its progression was amended as users wanted it to. After the testing of information system other possible error mapped in the software usability assessment. Project summary exercise reviewed the objectives of the project and the results obtained from them.</p>	
Keywords	Access, Excel, VBA, ADO, LCD, Diagnostic display, quality assurance, usability assessment

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Diagnostiset näytöt ja niiden laadunvarmistusmittausmenetelmä	3
2.1	Radiologinen PACS-työasema	3
2.2	Radiologiset näytöt	4
2.3	Nestekidenäyttö	4
2.4	Laadunvarmistusmittausmenetelmä	6
2.5	Näyttöjen suorituskyykyyn liittyvät käsitteet	7
2.5.1	Luminanssi ja kontrasti	8
2.5.2	Luminanssin tasaisuus	11
2.5.3	Heijastukset	12
2.5.4	Ympäristön valaistusvoimakkuus	12
2.5.5	Osoitettavuus, matriisikoko ja paikkaerotuskyky	13
2.5.6	Pikselivirheet	14
2.5.7	Värien vakioisuus	14
3	Tietojärjestelmän kehitys	15
3.1	Esitutkimus	15
3.2	Vaatimusmäärittely	16
3.3	Järjestelmäanalyysi	18
3.4	Toteutusvälineet	23
3.5	Suunnittelu	25
3.6	Toteutus	26
3.6.1	Mittauspöytäkirjan uudistus	26
3.6.2	Tiedonsiirtoyhteys	28
3.6.3	Tietokanta	29
4	Tietojärjestelmän käyttöönotto ja hyödyt	30
4.1	Testaus	30
4.2	Ohjelmiston käytettävyyden arviointi	30
4.3	Käyttöönotto ja ylläpito	32
4.4	Raporttien hyödyt	33

4.5	Järjestelmän jatkokehitysehdotukset ja ongelmat	35
5	Yhteenveto	36
	Lähteet	39
	Liitteet	
	Liite 1. Alkuperäinen mittauspöytäkirja	
	Liite 2. Mittauspöytäkirja	
	Liite 3. Tietokannan taulukko	
	Liite 4. Tiedostonhakukoodi	
	Liite 5. Tiedonsiirtokoodi	
	Liite 6. Ohjeet käytettävyyssarviotestiin ja ylläpitoon	
	Liite 7. Käytettävyyssarviotesti	

Lyhenteet

AAPM	American Association of Physicists in Medicine. Amerikkalainen lääketieteen alan fyysikoista koostuva tieteellinen yhteisö.
ADO	ActiveX Data Objects. Tietokantayhteys.
DBMS	Database Management System. Tietokannan hallintajärjestelmä.
DICOM	Digital editing and communications in medicine. Maailmanlaajuisesti käytössä oleva lääketieteellisen kuvantamisen standardi.
GSDF	Grayscale Standard Display Function. Harmaasävyfunktio.
HUS	Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri.
JND	Just Noticeable Difference. Juuri havaittavissa oleva ero.
LCD	Liquid Crystal Display. Nestekidenäyttö.
ODBC	Open Database Connection. Avoin tietokantayhteys SQL-sovellusten ohjelmointiin Windows-ympäristössä.
OLE DB	Object linking and Embedding, Database. Tietokantayhteyden rajapinta.
PACS	Picture archiving and communications systems. Sairaaloissa käytetty järjestelmä, joka toimii lääketieteellisten kuvien arkistona.
STUK	Säteilyturvakeskus.
SQL	Structured Query Language. Relaatiotietokantojen käsittelykieli.
VBA	Visual Basic for Applications. Microsoftin kehittämä ohjelmointikieli.

1 Johdanto

Radiologisten kuvien katsomiseen tarkoitetut näytöt ovat tärkeä osa diagnostista kuvantamisketjua. Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin (HUS-Kuvantamisen) toimialueella on käytössä yli 200 radiologien PACS-sanelupistettä (Picture Archiving and Communication system), ja niissä olevien näyttöjen suorituskykyä seurataan vuoden välein tehtävällä laadunvarmistusmittauksella. Näyttöjen suorituskyky ja kuvien katselun olosuhteet voivat vaikuttaa huomattavasti kuvan perusteella tehtävän diagnoosin luotettavuuteen. Säteilyturvakeskuksen (STUK) määrittämä ohje terveydenhuollon röntgentutkimuksiin vaatii, että näytöille on tehtävä tekninen laadunvarmistus sekä kuvanlaadun arviointi. Laadunvarmistuksen katsotaan olevan osa laitteen elinkaarta, joten prosessiin tarvittavat resurssit nähdään osana laitteen käyttökustannuksia. Laadunvalvonnan ansiosta heikentyneeseen kuvanlaatuun voidaan jo puuttua ennen kuin se ilmenee potilaiden röntgenkuvissa. [1, s. 9.]

Tämän insinööritoiminnan tarkoitus on kehittää radiologisessa diagnostiikassa käytettävien kuvien katselun näyttöjen laadunvarmistusprosessia. Työ tehdään HUS-Kuvantamiselle, ja sen idea syntyi siellä työskennellessä kesäharjoittelujakson aikana. HUS-Kuvantaminen on diagnostisten palveluiden liikelaitos, jolloin se on osa Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin (HUS) kokonaisvaltaista organisaatiota. HUS-Kuvantaminen vastaa lääketieteellisestä kuvantamisesta ja lisäksi fysiologisten ja neurofysiologisten tutkimusten sekä niihin liittyvien toimenpiteiden ja asiantuntijapalvelujen tuottamisesta. Se vastaa valtakunnallisesti useista erityisosaamista ja -tekniikkaa vaativista tutkimuksista sekä yliopistolliselle sairaalalle kuuluvasta alan tutkimuksesta ja opetuksesta. [2.]

Tässä projektissa on tavoitteena kehittää laadunvarmistusprosessin avuksi tietojärjestelmä, jonka tarkoitus on olla työkaluna, jolla voidaan analysoida sekä käsitellä talteen tallennettavia mittaustietoja. Projektissa myös kehitetään nykyisen laadunvarmistusprosessin mittauspöytäkirjaa. Projekti sai alkunsa työn ohella tehdystä esitutkimuksesta, jossa kerättiin mahdollisia ideoita tietojärjestelmän kehittämistavoitteiksi sekä erilaisia ongelmia, joita ilmeni mittausprosessin aikana. Asianomaisille henkilöille tehtyjen haastatteluiden avulla saatiin määriteltyä tietojärjestelmälle vaadittavat ominaisuudet. Esitutkimuksen ja analyysien perusteella aloitettiin hankkeen läpivienti.

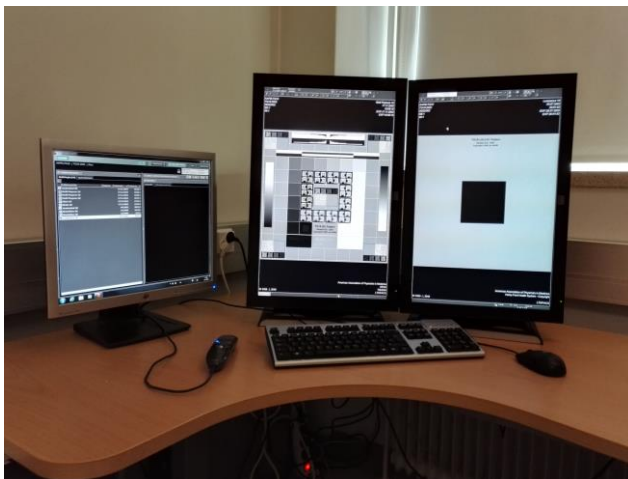
Tietojärjestelmän perustana on vaatimusmäärittely ja järjestelmäanalyysi, joiden pohjalta luodaan prototyyppi. Prototyyppiä tarkastellaan yhdessä asiakkaan kanssa, jolloin varmistetaan, että kaikki tarvittavat toiminnot löytyvät ennen valmiin järjestelmän tuottamista. Lopuksi valmista järjestelmää arvioidaan asiakkaalle tehtävällä käytettävyys arvioon avulla, jolloin voidaan tehdä vielä mahdolliset viime hetken muutokset. Projekti alkoi 09/2015 ja sen piti olla valmis 12/2015.

2 Diagnostiset näytöt ja niiden laadunvarmistusmittausmenetelmä

Diagnostisille näytöille tehtävällä laadunvarmistuksella varmistetaan, että kuvanlaatu on riittävä potilaan diagnoosin ja hoidon kannalta. Diagnostiseen tarkkuuteen vaikuttavat mm. kuvausarvot ja -laitteet ja kuvattava kohde sekä tulkitsijan subjektiivisuus. [1, s. 8 - 10.] Tässä luvussa on esitelty näyttöjen suorituskykyihin liittyvät termit, koska ne ovat oleellisesti esillä tietojärjestelmän kehitystyössä.

2.1 Radiologinen PACS-työasema

Radiologinen työasema koostuu keskussyksiköstä, toimistonäytöstä, radiologisesta kuvankatselunäytöstä sekä digitaalisanelimesta. Työasema on liitetty PACS-järjestelmään (Picture Archiving and Communications Systems), joka on sairaaloissa käytetty lääketieteellisten kuvien arkisto. Kuvantamislaitteet tallentavat kuvat suoraan PACS-järjestelmään, josta ne saadaan nopeasti noudettua radiologiselle työasemalle PACS-ohjelmiston avulla. Työasemalla lääkäri tarkastelee kuvia ja antaa lausuntoja niistä. Kuvien lausunnalla tarkoitetaan lääkärin antamaa diagnoosia, jonka hän nauhoittaa työasemaan liitetyllä digitaalisanelimella. [3, s. 2.]



Kuva 1: Radiologinen PACS-työasema. Vasemmanpuoleisessa näytössä on TG18-QC-visuaalitesti-kuva ja oikeanpuoleisessa on TG18-LN01-testikuva, josta tehdään luminanssimittaus.

PACS-arkistoon tallennettavat kuvat noudattavat DICOM-standardia (Digital Editing and Communications in Medicine), joka on maailmanlaajuisesti käytössä oleva lääketieteellisen kuvantamisen standardi. DICOM on amerikkalainen standardi, ja sen on kehittänyt

ARCin (American College of Radiology) ja NEMAn (National Electrical Manufacturer's Association) yhteenliittymä (ARC-NEMA). DICOM mahdollistaa eri valmistajien laitteiden yhteensopivuuden, ja sen ansiosta lääketieteelliset kuvat ovat nopeasti siirrettävissä internetin välityksellä. [3, s. 2.]

2.2 Radiologiset näytöt

Radiologisten kuvien katseluun tarkoitetut näytöt voidaan jakaa kahteen ryhmään: primaarisiin eli diagnostisiin näyttöihin ja sekundaarisiin eli klinikkonäyttöihin. Lääkäri antaa kuvasta lausunnon diagnostiselta näytöltä, ja sekundaarinäyttö on käytössä esimerkiksi leikkaussalissa, terveyskeskuslääkärillä tai kuvantamislaitteen yhteydessä. Toimiskäytössä olevaa näyttöä kutsutaan kuluttajanäytöksi. [3, s. 20.]

Diagnostiset näytöt jaetaan kahteen ryhmään niiden kuvan muodostamistekniikan perusteella (emissiivinen ja ei-emissiivinen). Emissionäyttö tuottaa valoa ja toimii valonlähteenä, ja ei-emissionäyttö joko heijastaa tai suodattaa näyttöön osuvan valon. Viime vuosikymmenellä käytössä olleet katodisädeputki- eli CRT-näytöt (Cathode Ray Tube) olivat suosittuja radiologisina kuvankatselunäyttöinä. Nykyään ne on korvattu nestekide- eli LCD-näytöillä (Liquid Crystal Display). [3, s. 20.]

Tulevaisuudessa yleistäviä ja potentiaalisia näyttötekniikoita radiologisten kuvien katselussa on OLED (Organic Light Emitting Diode) ja LED (Light Emitting Diode) -näytöt. OLED ja LED näytöt eivät tarvitse erillistä taustavaloa kuten LCD-näytöt, joten ne soveltuvat paremmin tummien sävyjen esittämiseen. OLED- ja LED-näyttöjen etuuksia on niiden kirkkaus, laajempi katselukulma, pienempi energiankulutus sekä lämpiämätön paneeli. LEDien huono puoli on niiden elinikä, koska eri värit heikentyvät eri tahtiin. [3, s. 20.]

2.3 Nestekidenäyttö

LCD on ei-emissionäyttö, jonka taustavalona toimii kylmäkatodi-loisteputki (CCFL - Cold Cathode Fluorescent Lamp). CRT -näyttöihin verrattuna LCD -näytöillä on pienempi syvyysuuntainen koko, suurempi maksimiluminanssi sekä geometrinen virheettömyys. Ne ovat myös energiatehokkaita ja vähemmän herkkiä valon heijastumiselle. [3, s. 21.]

Nestekidenäytön toiminta perustuu siihen, että nestekiteiden valoa heijastavat ominaisuudet muutetaan jännitteen avulla. Nestekide on sauvamainen molekyyleistä koostuva orgaaninen yhdiste, jolla on tietyllä lämpötila-alueella sekä kiteen että nesteen ominaisuuksia. [3, s. 21.]

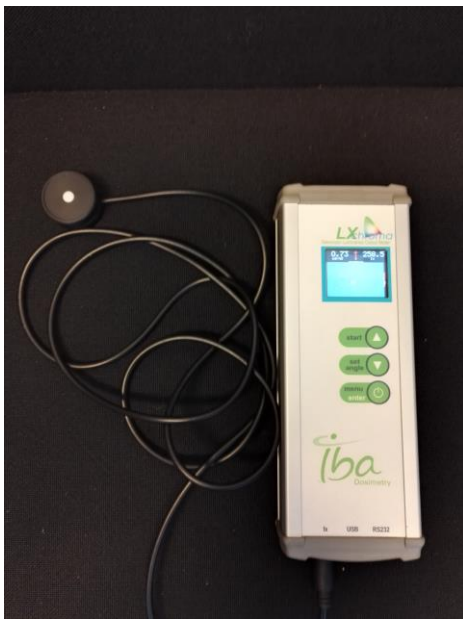
Nestekidenäytössä olevat valonlähteet sijaitsevat yleensä näytön takana, mutta ne voivat olla myös sivuilla. Lisäksi on kaksi hyvin lähekkäin olevaa lasilevyä, joiden välissä on ohut kerros nestekidesoluja, jotka edustavat pikseleitä. Alemman lasilevyn alle on asennettu matriisiin ohutkalvo-transistoreita (TFT - Thin Film Transistor), joilla ohjataan jokaista nestekidesolua ja pikseliä. Transistorien tarkoitus on säilyttää jokaisen pikselin sähköinen tila sillä aikaa, kun muita pikseleitä päivitetään. Värinäytöissä käytetään RGB-värisuodattimia (punainen-vihreä-sininen), jotka tulevat lasilevyjen päälle. Värinäytön yksittäinen pikseli muodostuu kolmesta alipikselistä (subpixel). Pikselien määrä vaikuttaa kuvista erottuviin yksityiskohtiin. Viiden MP:n LCD-värinäytössä on siis 15 miljoonaa yksittäistä osapikseliä ja niitä ohjaavaa transistoria. LCD-näytöllä olevat pikselivirheet yleensä johtuvat huonokuntoisista transistoreista. Mustavalko näytöissä suodattimia ei ole, jolloin näytön luminanssi on myös korkeampi kuin värinäytöissä, koska värinäytöissä valoa suodattuu enemmän. [3, s. 22.]

Näytön etu- ja takapuolelle on asennettu polarisaattorit. Takapolarisaattori polarisoi taustavalon tuottaman valon. Polarisoituneen valon suuntaa ohjataan nestekiteillä. Valo pysyy läpäisemään etu-polarisaattorin, jos takaa tuleva polarisaatiosuunta on sama kuin sillä. Mikäli ohutkalvotransistorit eivät saa jännitettä ja nestekiteet eivät pysty kääntämään valon polarisaatiota eikä valo myöskään pääse etupolarisaattorille asti. Tällöin näyttö on lepo- tai OFF-tilassa. Kun näyttö laitetaan ON-tilaan, transistorit saavat jännitteen ja polarisaatio kääntyy, jolloin valo läpäisee etu-polarisaattorin. [3, s. 22.]

Lääketieteellisessä käytössä olevissa LCD-näytöissä on pieniä eroja verrattuna tavallisessa käytössä oleviin LCD-näyttöihin. Nestekidesolut ovat pienempiä, joka mahdollistaa tarkemman ja suuremman resoluution kuville. Lääketieteellisessä käytössä olevan näytön matriisikoko voi olla jopa 3840 x 2400. LCD-näytöissä käytetään erilaisia paneelityyppejä, jotka vaikuttavat näytön väreihin, katselukulmaan, vasteaikaan ja hintaan. Paneelityyppejä ovat TN+Film, IPS, S-IPS, TW-IPS, MVA ja PVA. Lääketieteellisessä käytössä olevien näyttöjen paneelit käyttävät tekniikkaa (in-plane switching - IPS tai Multi-domain Vertical Alignment - MVA), joka mahdollistaa muun muassa laajemman katselukulman. [3, s. 22.]

2.4 Laadunvarmistusmittausmenetelmä

HUS-Kuvantaminen valvoo diagnostisien näyttöjen laatua vuoden välein tehtävillä laadunvarmistusmittauksilla. Mittausten avulla pyritään löytämään mahdollisia virheitä kuvan ja monitorin laadusta. Mittauksissa käytetään LX-Chroma-luminanssimittaria (kuva 2), jolla voidaan mitata näytön luminanssiarvot, ympäristön valoisuus sekä näytön heijastuminen. Mittariin voidaan kiinnittää kolorimetriamittauslaite, jolla tehdään värinmittaustutkimusta (kuva 1). Testissä tarkastellaan silmämääräisesti esimerkiksi näytön gradientti ja kontrasti. Alapuolella on kuva LX-Chroma-mittarista.



Kuva 2: LX-Chroma-mittari ja kolometriamittauslaite.

HUS:n laadunvalvonnassa käytetään testikuvina AAPM:n (American Association of Physicists in Medicine) luomaa testikuvasarjaa, joka löytyy HUS:n PACS-järjestelmästä. Testikuvissa käytetään 1:1-kuvasuhdetta, jolloin kuvien mitat ovat 4080 x 2040 pikseliä. Mittausten tulokset kirjataan mittauspöytäkirjalomakkeeseen (liite 1), josta myös nähdään, että ovatko saadut arvot hyväksytyjen rajojen sisällä. PACS-työasemien käyttäjät tekevät joka viikko silmämääräisen arvioinnin AAPM:n testikuvasta. Laadunvalvontamittaukset suorittavat koulutuksen saaneet tekniset henkilöt tai sairaalafyysikot. HUS:n laadunvalvontamittauksissa tehdään seuraavat testit, joiden käsitteet esitellään seuraavissa kappaleissa:

- luminanssin mittaus 18 mittapisteltä

- luminanssi- ja kontrastivasteet
- luminanssin tasaisuus
- RMS (Root Mean Square) -poikkeama kontrastivasteelle
- luminanssisuhde
- näyttöparin maksimiluminanssien ero
- kromaattisuus ja näyttöparin kromaattisuusero
- illuminanssi
- heijastumiset (L_{amb})
- TG18-QC testikuvan silmämääräinen arviointi
- näytön puhtaus.

Näyttöjen laadunvalvonnan ansiosta heikentyneeseen kuvanlaatuun voidaan puuttua jo ennen kuin se alkaa ilmentyä potilaiden röntgenkuvista. Näytön toiminta kunnon ja suoritusominaisuuksien valvonta alkaa vastaanottotarkastuksella, jonka jälkeen valvonta jatkuu määräaikaisesti tehtävällä teknisellä laadunvarmistuksella. [1, s. 8 - 10.] Radiologisten laitteiden laadunvalvontaa määrittää säteilylaki. Säteilylain pykälän 40 mukaan:

”Toiminnan harjoittaja on velvollinen toteuttamaan suunnitellut ja järjestelmälliset toimenpiteet sen varmistamiseksi, että säteilylähteet sekä niihin liittyvät laitteet ja välineet ovat kunnossa ja että niiden käyttöä koskevat ohjeet ja menettelyt ovat asianmukaiset.” [Säteilylaki 40 §, 23.12.1998/1142]

Näyttöjen laadunvalvonnan testausohjeita ja -suosituksia löytyy useita erilaisia, koska vielä ei ole yleistä näkemystä laadunvalvonnan periaatteista.

2.5 Näyttöjen suorituskykyyn liittyvät käsitteet

Seuraavissa luvuissa esitellään näyttöjen suorituskykyyn merkittävästi vaikuttavat tekijät, koska ne tulevat olemaan esillä projektin toteutuksen aikana. Näytöltä tapahtuvaan

kuvankatseluun vaikuttavat lisäksi ympäristön olosuhteet, keskusyksikön näytönohjain sekä kuvankatselmusohjelma.

2.5.1 Luminanssi ja kontrasti

Luminanssi (L) on pinnalta emittoituvan ja pinnasta heijastuvan valon voimakkuuden summa eli pinnan kirkkaus pinta-alaa kohden tietyssä katselusuunnassa. SI-järjestelmän mukainen mittayksikkö on kandela neliömetriä kohden (cd/m^2). Kandela on valovoiman (I) yksikkö, joka kertoo valonlähteen intensiteetin avaruuskulmaa, yhtä steradiaania kohden. Luminanssi on tärkein kuvan havainnointiin ja katseluun vaikuttava käsite. [3, s. 10.] Maksimiluminanssiin vaikuttaa näytön taustavalon intensiteetti, polarisaattoreiden ominaisuudet, ON-tilassa näytön nestekiteitä läpäisevä valo, värisuodattimien läpäisyominaisuudet (värinäytöissä) sekä yksittäisen pikselin valoa läpäisevän osan suhteellisesta osuudesta koko pikselissä. Näytön ollessa OFF-tilassa minimiluminanssiin vaikuttaa nestekiteiden läpinäkyvyys. [4, s. 169.]

Näytön pinnan heijastumisominaisuudet vaikuttavat myös huomattavasti sen luminanssiin. Luminanssi (L') koostuu näytön tuottamasta valosta maksimi- ja minimiluminanssien välillä sekä näyttöä ympäröivän valon aiheuttamasta heijastumisesta L_{amb} . Maksimi- ja minimiluminanssi (L'_{max} ja L'_{min}) voidaan laskea seuraavien kaavojen avulla:

$$L'_{min} = L_{min} + L_{amb} \quad (1)$$

$$L'_{max} = L_{max} + L_{amb} \quad (2)$$

Maksimi- ja minimiluminanssien suhteesta (L_{max}/L_{min}) saadaan luminanssisuhde LR . Luminanssisuhteeksi merkitään LR' , kun ympäröivän valon vaikutus huomioidaan. AAPM:n suosituksien mukaan maksimiluminanssi L'_{max} tulisi olla vähintään 170 cd/m^2 . Minimiluminanssilla L'_{min} ei ole niin suurta merkitystä, kunhan näytön luminanssisuhde LR' on vähintään 250. AAPM:n mukaan diagnostisen näyttöparin maksimiluminanssien ero saa olla enintään 10 %. Eron ollessa liian suuri näytöille suoritetaan kalibrointi. [3, s. 78.]

Näytön kontrastilla tarkoitetaan kuvan tummimman ja vaaleimman kohdan suurinta eroa, mitä näyttö pystyy tuottamaan. Kontrasti ilmoitetaan suhdelukuna (esim. 500:1), ja mitä

suurempi suhdeluku on, sitä parempi on kontrasti. AAPM suosittelee radiologisissa kuvienkatselunäytöissä käytettäväksi DICOM-standardin mukaista harmaasävyfunktiota GSDF (Grayscale Standard Display Function). GSDF perustuu Barten malliin ihmisen näköjärjestelmän kontrastikynnyksestä, jossa silmin havaittavissa olevien luminanssien pienin ero on yksi JND (Just Noticeable Difference). Kontrastikynnys tarkoittaa pienintä luminanssin eroa, joka pystytään havaitsemaan. [3, s. 78.]

Ihmissilmä pystyy erottamaan alhaisella luminanssitasolla sen muutoksen herkemmin kuin korkealla tasolla. Jos kahden harmaasävyyn välinen ero on vähemmän kuin yksi JND, niiden välisiä eroja ei voida havaita. Kun JND-indeksi on 2 tai isompi, voidaan erot kontrastissa havaita. AAPM:n suositusten mukaan näytön luminanssien sijoittuminen mitataan 18 eri harmaasävyyn kuvasarjan mittapisteeltä (taulukko 1). [3, s.78.]

Taulukko 1: Mittauspöytäkirjan luminanssi- ja kontrastivasteiden mittaukset

Luminanssiarvot	cd/m2	Lum.vaste	Kontrastivaste
L1	0,67	99,96 %	19,06 %
L2	1,33	85,69 %	2,95 %
L3	2,46	84,13 %	2,69 %
L4	4,17	85,30 %	14,65 %
L5	6,91	91,03 %	2,85 %
L6	10,07	90,02 %	1,62 %
L7	14,40	90,54 %	5,32 %
L8	20,28	92,14 %	3,47 %
L9	27,78	93,13 %	7,82 %
L10	37,89	95,27 %	3,43 %
L11	50,33	96,18 %	5,18 %
L12	66,43	97,52 %	4,31 %
L13	86,68	98,60 %	4,84 %
L14	112,40	99,81 %	1,34 %
L15	143,60	100,13 %	0,81 %
L16	182,30	100,33 %	1,69 %
L17	229,10	99,93 %	0,23 %
L18	288,20	99,98 %	–

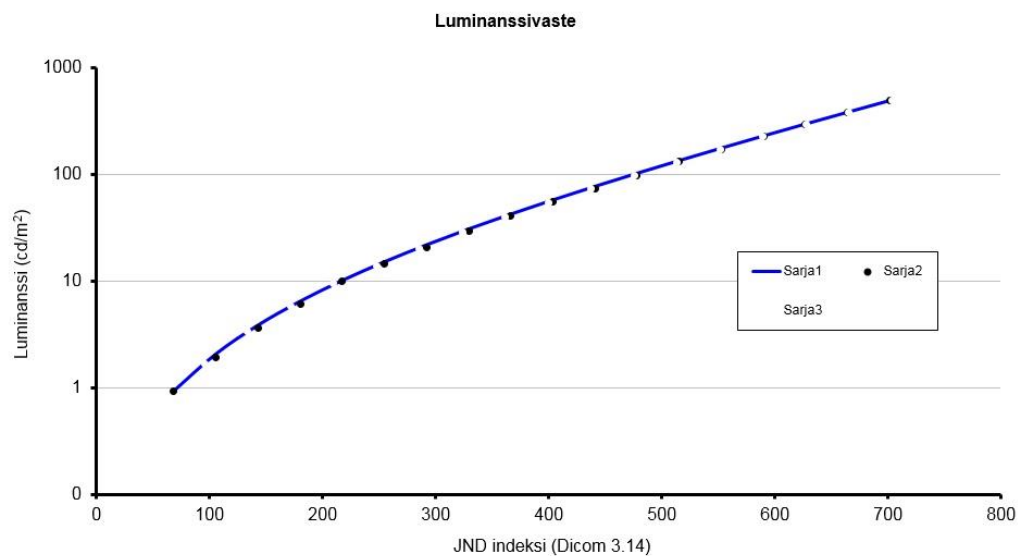
Mittausten avulla saadut kontrastivasteet kaikissa mittapisteissä saisi erota enintään 10 %. [3, s. 79.] GSDF:n ja JND-indeksien välisellä suhteella saadaan näytön luminanssi-suhde. GSDF-luminanssivaste selvitetään mittaamalla 18 eri harmaasävyä AAPM:n testikuvista. Mittausarvojen avulla voidaan laskea JND-indeksit kaavalla:

$$JND = j(L) = A + B * \log L + C * (\log L)^2 + D * (\log L)^3 + E * (\log L)^4 + F * (\log L)^5 + G * (\log L)^6 + H * (\log L)^7 + I * (\log L)^8 \quad (3)$$

missä log on kymmenkantainen logaritmi, A=71.498068, B=94.593053, C=41.912053, D=9.8247004, E=0.28175407, F=-1.1878455, G=-0.18014349, H=0.14710899 ja I=-0.017046845. Laskennassa myös huomioidaan ympäröivän valon vaikutus (L_{amb}). [3, s. 80.] JND-indeksien avulla voidaan laskea vastaavat luminanssiarvot kaavalla:

$$\log L(j) = \frac{a+c*lnj+e*(lnj)^2+g*(lnj)^3+m*(lnj)^4}{1+b*(lnj)+d*(lnj)^2+f*(lnj)^3+h*(lnj)^4+k*(lnj)^5} \quad (4)$$

missä log=kymmenkantainen logaritmi, ln=luonnollinen logaritmi, a=-1.3011877, b=-2.5840191E-2, c=8.0242636E-2, d=-1.0320229E-1, e=1.3646699E-1, f=2.8745620E-2, g=-2,5468404E-2, h=-3.1978977E-3, k=1.2992634E-4 ja m=1.3635334E-3. Lasketuista luminanssiarvoista muodostetaan näytön luminanssivastekäyrä ja maksimi- ja minimiluminansseja vastaava GSDF:n mukainen luminanssivaste käyrä (kuva 3). [3, s. 84.] Kuvassa 3 on luminanssivastekäyrä.



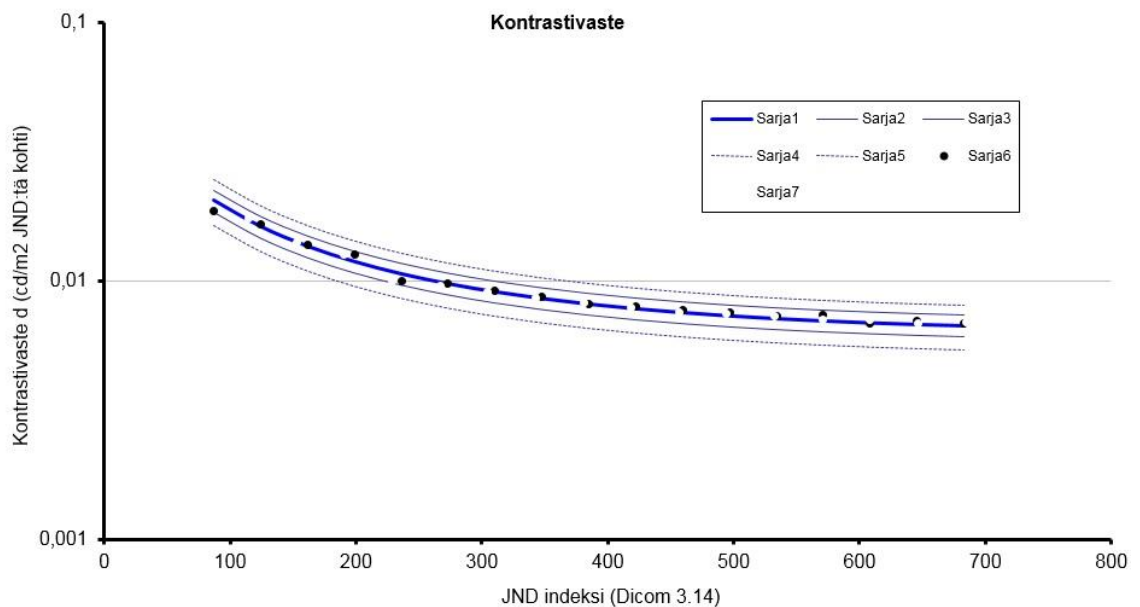
Kuva 3: Luminanssivastekäyrä. Sarja 1 on Barten mallin mukainen GSDF käyrä, sarja 2 on vasen näyttö ja sarja 3 oikea näyttö.

Käyrän avulla kuvasta voidaan nopeasti havainnoida mahdolliset poikkeamat näytön luminanssivasteessa verrattuna standardoituihin arvoihin.

Kontrastikynnys voidaan laskea kahden luminanssiarvon avulla kaavalla:

$$\frac{dL}{L} = \frac{L_i - L_{i-1}}{0,5 * (L_i + L_{i-1})} \quad (5)$$

Luminanssi-arvoja verrataan standardien mukaisiin kontrastivastearvoihin laskemalla jokaiselle arvolle prosentuaalinen poikkeama. AAPM:n mukaan RMS (Root Mean Square) -poikkeaman tulisi olla alle 10 %. Näyttöparin kontrastivasteista tehdään JND-indeksien funktiona omat kuvaajat samaan koordinaatistoon, joita verrataan samassa kuvaajassa olevaan Barten mallin mukaiseen GSDF-käyrään (kuva 4). Koordinaatistoa tarkastellaan silmämääräisesti ja havaintojen perusteella voidaan arvioida mahdollisen kalibroinnin tarvetta. [3, s. 85.] Seuraavana on esimerkkikuva kontrastivastekäyrästä.



Kuva 4: Kontrastivastekäyrä. Sarja 1 on Barten mallin mukainen GSDF käyrä, sarjat 2 ja 3 ovat GSDF +/- 10% (1-luokka), sarjat 4 ja 5 ovat GSDF +/- 20% (2-luokka), sarja 6 on vasen näyttö ja sarja 7 on oikea näyttö.

2.5.2 Luminanssin tasaisuus

Yksi näyttöjen arviointiperuste on luminanssin tasaisuus, joka on näyttöpinnan luminanssin muutos spatiaalisen sijainnin funktiona. Tasaisuuteen vaikuttaa näytön pikseli-matriisin virheet, taustavalon tasaisuus sekä nestekidekerroksen paksuuden vaihtelut sekä latenttikuva eli jäännöskuva (myös haamukuvana tunnettu) aikaisemmin näytetyistä kuvista. Näytön muistista löytyy korjausmatriisi, jolla se pystyy korjaamaan laskennallisesti

epätasaista luminanssia. AAPM:n mukaan diagnostisen näytön luminanssin epätasaisuus saa olla korkeintaan 30 %. Luminanssin tasaisuutta arvioidaan mittaamalla luminanssiarvot tumman ja kirkkaan testikuvan keskeltä ja kaikista kulmista. Molemmista testeistä (tumma ja kirkas) saaduista tuloksista lasketaan niiden suurin tasaisuuspoikkeama kaavalla:

$$Tasaisuuspoikkeama = \frac{200 * (L_{max} - L_{min})}{L_{max} - L_{min}} \quad (6)$$

AAPM:n mukaan tumman ja kirkkaan luminanssin suurin prosentuaalinen tasaisuuspoikkeama saa olla korkeintaan 30 %. [3, s. 87.]

2.5.3 Heijastukset

Näytön suoritusominaisuuksiin vaikuttavat merkittävästi näytön heijastumisominaisuudet. Ihanteellisimmassa kuvien katseluolosuhteessa näytön tulisi itse tuottaa kaikki havaittava valo eli kuvainformaatio. Katseltavan kuvan luminanssi suurenee, kun ympäristöstä johtuva valo heijastuu näytöltä. Heijastumissuhteella tarkoitetaan, miten paljon tulevasta valosta näytön pinta heijastaa takaisin. Heijastussuhteella ja heijastumisen tavalla ja suunnalla (miten ja mihin) on merkittävä vaikutus näytöltä aistittavaan luminanssiin. Heijastukset vaikuttavat pienentävästi kuvan kontrastiin, jonka takia on tärkeää, että katselu ympäristön olosuhteet ovat suositusten mukaiset. [3, s. 74.]

LCD-näytön heijastumisominaisuudet johtuvat peili- ja hajaheijastuksista. Peiliheijastus eli spekulaarinen heijastus tuottaa valonlähteestä peilikuvan näyttöruudulle, mikä häiritsee kuvan tulkintaa. Peili-heijastukseen vaikuttaa näytön asettelu, ympäristön valaistus ja katselukulma. Suositusten mukaisissa kuvien katseluolosuhteissa peiliheijastuksia ei tulisi erottaa sammutetun näytön pinnalta. [3, s. 75.]

2.5.4 Ympäristön valaistusvoimakkuus

Valaistusvoimakkuus eli illuminanssi (E) kuvaa näytön etupinnan pinta-alalle kaikista suunnista tulevan ympäröivän valovirran määrää. SI-järjestelmässä illuminanssin mitta-yksikkö on luks (lx). Ympäristöstä näyttöön kohdistuva valo osuu näytön pinnalle ja aiheuttaa heijastuvaa valoa (Ambient light, L_{amb}). AAPM:n mukaan L_{amb} tulisi olla alle 0,25 kertaa näytön minimiluminanssi ($0,25 * L_{min}$). [3, s. 76.]

Ympäristön valaistuksella on merkittävä vaikutus näytöllä olevan kuvan laatuun ja ihmisen silmän kontrastierotuskykyyn. Ihanteellisin valaistusvoimakkuus PACS-työasemalla nätiivisaneluun on 2-10 luksia, TT-, MRI-, NM-saneluun on 15 - 60 luksia ja mammografiakuvien saneluun 5-80 luksia. Täysin pimeässä huoneessa työskentely rasittaa silmiä, joten rasituksen ehkäisemiseksi kohtuullinen ympäristön valaistusvoimakkuus on 25 - 40 luksia. Ympäröivä valaistus ja näytöltä paistava luminanssi muodostavat kokonaisluminanssin, joka vaikuttaa ihmissilmän mukautumiseen ympärillä olevaan ympäristöön. [3, s. 77.]

2.5.5 Osoitettavuus, matriisikoko ja paikkaerotuskyky

Paikkaerotuskyvyllä kuvataan kvantitaavisesti näyttöjärjestelmän kykyä tuottaa kuva tietyllä tarkkuudella. Termi tunnetaan myös nimellä spatiaalinen resoluutio. Resoluutiolla tarkoitetaan, kuinka hyvin katselija kykenee erottamaan kaksi kohdetta toisistaan. Riittävän hyvä resoluutio mahdollistaa tarvittavat yksityiskohtien esiintymiset radiologisissa kuvissa. Normaailta katseluetaisyydeltä (60 cm) voidaan havaita pikseleitä, joiden koko vaihtelee 0,19 - 0,22 mm:n välillä, ja lähietäisyydeltä (30 cm) kooltaan 0,09-0,10 mm pikseleitä. Pienempi pisteväli tuottaa näytölle terävemmän kuvan. ISD (Independent Sub-pixel Drive) -tekniikan avulla jokaista alipikseliä ohjataan itsenäisesti pienten yksityiskohtien erottumisen tehostamiseksi. [3, s. 27.]

Osoitettavuudella tarkoitetaan LCD-näytöissä pikseleiden lukumäärää vaaka- ja pystysuunnassa (esim. 1600 x 1200). Yleensä pikselien lukumäärän terminä käytetään resoluutiota, joka ei kuitenkaan ole sama asia. Näytön matriisikoko määrää pikseleiden lukumäärän. Näytön pikselimäärä voidaan laskea osoitettavuuden avulla. Esim. Pikselimäärä = $1600 \times 1200 = 1,92$ megapikseliä (MP), joka yleensä pyöristetään 2 megapikseliin, kun puhutaan näytön pikselimäärästä. Pikselikoko määrittelee suurimman spatiaalitaajuuden, joka voidaan esittää näytön kuvassa. Spatiaalitaajuudella (sykliä/aste) tarkoitetaan sitä, kuinka usein jokin kuvio toistuu tietyllä pinnalla yhtä näkökulma-astetta vastaavalla matkalla. Mitä suurempi kohde, sitä matalampi spatiaalitaajuus. Pikselikoko (mm) on $1/(2P)$ sykliä/mm. [3, s. 27–28.]

2.5.6 Pikselivirheet

Pikselivirheellä tarkoitetaan pikseliä, johon kohdistuu oikeanlainen signaali, mutta pikseli toimii väärin. Sellainen voidaan havaita värinäytön mustalta pohjakuvalta joko punaisena, vihreänä tai sinisenä pisteenä sekä näiden yhdistelmänä. Valkoisesta pohjakuvausta kuollut pikseli erottuu mustana pisteenä. Pikselivirhe syntyy viallisen TF-transistorin takia. Näyttöjen teknologia muuttaa kirkkaan pikselin kuolleeksi pikseliksi, jolloin se ei vaikuta ympärillä oleviin toimiviin pikseleihin. Tällöin kuollut pikseli ei aiheuta häiriötä, mutta se aiheuttaa paikkaerotuskyvyn heikkenemistä. Näytölle suurennetaan tumma ja kirkas kuva, joista mahdollisia pikselivirheitä havainnoidaan silmämääräisesti. [3, s. 70.]

2.5.7 Värien vakioisuus

Värien vakioisuudesta käytetään termiä kromaattisuus. Kromaattisuudella tarkoitetaan värien laatua riippumatta sen luminanssista. Kromaattisuuserolla tarkoitetaan näyttöparin välistä kromaattisuus vaihtelua. Olisi tärkeää, että molemmissa näytöissä värit vastaisivat toisiaan. AAPM suosittelee, että kromaattisuudet mitataan kolorimetrialla kahdesta eri koordinaatista (u' ja v'), jolloin kromaattisuusero saadaan laskettua. HUS:n laadunvarmistuksessa käytössä oleva mittauslaite antaa näyttöjen kromaattisuudet XY-koordinaatistossa, joten ne konvertoidaan u' ja v' värikoordinaateiksi kaavoilla: [3, s. 110.]

$$u' = 4x(-2x + 12y + 3) \quad (7)$$

$$v' = 9y/(-2x + 12y + 3) \quad (8)$$

Näyttöparin kromaattisuusero voidaan laskea kaavalla:

$$Kromaattisuusero = \sqrt{(u1' - u2')^2 + (v1' - v2')^2} \quad (9)$$

Näyttöparin kromaattisuuseron tulisi olla yhtä suuri tai pienempi kuin 0,01. [3, s. 110.]

3 Tietojärjestelmän kehitys

Tietojärjestelmä koostuu erilaisista toiminnoista kuten ohjelmistoista (esim. tietokanta-ohjelmisto), tietojenkäsittelylaitteistosta (esim. lomake), tiedonsiirtolaitteistosta (esim. tietokantayhteys) sekä ihmisistä. Tietojärjestelmien kehittämisen tarkoituksena on saada aikaan toimintatavan muutos, jolla voidaan auttaa toimintayksikköä suuntautumaan tavoitteisiinsa entistä paremmin, mahdollistaa entistä vaativammat tavoitteet, luoda jokin uusi toiminto tai ehostaa jo olemassa olevia toimintatapoja. [5, s. 26.]

3.1 Esitutkimus

Esitutkimuksen tarkoituksena on tutkia keksittyä ideaa, jota halutaan mahdollisesti lähteä kehittämään. Sillä kartoitetaan, onko tietojärjestelmän kehittäminen tarpeellista tai mahdollista. Esitutkimus vaiheessa ei tehdä vielä mitään konkreettista vaan selvitetään, miksi järjestelmä tulisi rakentaa, mitkä ovat tavoitteiden pääpiirteet, mitkä ovat järjestelmän viiteryhvät ja mitä erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja järjestelmän luomiseksi on olemassa. Tutkimuksen avulla saadaan tietoa päättäjille tietojärjestelmän kehittämisestä ja saadaan määriteltyä mahdolliset lähtökohdat tietojärjestelmän rakentamishankkeelle. Esitutkimuksen perusteella kaavailtu hanke voidaan myös hylätä, joten esitutkimukset eivät aina johda hankkeen käynnistämiseen. [5, s. 24.]

Mittausprosessissa ylimääräistä aikaa kului eniten tietojenkeräämiseen, joten siitä tuli mahdollinen kehitystä kaipaava pääongelma. Laadunvarmistusmittauksessa täytettiin mittauspöytäkirjalomake, joka tallennettiin erillisenä tiedostona HUS:n omalle verkkosivulle. HUS-Kuvantamiselle kuuluu yli 200 näyttöparia, joten niistä saatavaa tietoa oli melko paljon. Mittauspöytäkirjasta kirjattiin tietoja Excel-taulukkoon, josta ilmeni muun muassa näytön tunnusnumerot, sijainti, mittauspäivämäärä ja hieman teknisiä tietoja kuten näytönohjain ja näytön resoluutio. Excel-taulukon kirjaaminen osoittautui työlääksi, koska jokainen mittausraportti piti erikseen käydä läpi. Mitään varsinaista vertailukelpoista tietoa Excel-taulukkoon ei kirjattu, joten näytöistä ei saatu mitään yleisnäkymää esimerkiksi niiden luminanssiarvoista. Mikäli mittauksista saatuja mittausarvoja voitaisiin arkistoida samaan paikkaan, niin se mahdollistaisi esimerkiksi mallikohtaisen yleiskatselmuksen, jonka avulla voitaisiin erottaa joukosta yksilöitä, jotka eivät kuulu joukkoon. Mallikohtaisen yleiskatselmuksen avulla tiedetään, mitkä näytöt tarvitsevat asetusten kalibrointia tai missä näytöissä on muita ongelmia yleisessä suorituskäytössä.

Esitutkimuksen tuloksena syntyi idea tietojärjestelmästä, johon kerätään mittauksista kaikki oleellinen tieto, josta voi olla hyötyä vertailukelpoisissa yleiskatselmusraporteissa. Tietojärjestelmähanke esitettiin esimiehelle tilannekatsaus palaverissa ja myöhemmin ilmoitettiin, että hankkeen suunnittelun voi aloittaa.

3.2 Vaatimusmäärittely

Vaatimusmäärittelyllä tarkoitetaan eri sidosryhmien asettamia vaatimuksia tulevalle tietojärjestelmälle. Vaatimuksilla määritellään, mitä järjestelmältä vaaditaan, mutta ei sitä miten se toimii teknisesti. Vaatimukset voidaan jakaa kahteen ryhmään; toiminnallisiin ja ei-toiminnallisiin vaatimuksiin. Toiminnallisilla vaatimuksilla kuvataan haluttuja toimintoja järjestelmälle ja mitä vaatimuksia niiden olisi täytettävä. Ei-toiminnalliset vaatimukset määrittelevät suorituskäytännön liittyviä asioita, kuten vaste- ja käyttöaika. Rajoitteet ovat ei-toiminnallisia vaatimuksia, joilla määritellään rajoituksia järjestelmälle asetetuille toiminnallisille vaatimuksille, esimerkiksi tietojärjestelmän tulee toimia offline- ja online-tilassa.[5, s. 25]

Tietojärjestelmän vaatimusmäärittelyä alettiin tuottamaan palavereissa, jotka pidettiin näyttöjen kanssa työskentelevien henkilöiden kanssa. Palavereissa oli mukana fyysikoita, röntgen-insinöörejä sekä HUS Tietohallinnon työntekijöitä. Röntgen-insinöörit suorittivat näyttöille tehtäviä laadunvarmistusmittauksia, joten he halusivat mittauspäivämäärästä erilaisia raportteja, joiden avulla näyttöjen mittausvälit saisi pidettyä noin yhden vuoden pituisena.

Fyysikot suorittivat näyttöille tarvittavat toimenpiteet kuten kalibroinnin, joten heitä kiinnostivat mittauksista saadut mittausarvot. Tietohallinnon henkilöt suorittivat näyttöjen käyttöönoton, joten heiltä sai myös hyviä ideoita. Seuraavalla sivulla on taulukko, joka kuvaa käyttäjien vaatimukset ja järjestelmän toiminnalliset ja ei-toiminnalliset vaatimukset (taulukko 2).

Taulukko 2. Tietojärjestelmälle määritetyt vaatimukset.

Käyttäjien vaatimukset
1. Mittauspäivämäärien raportti
2. Spesifin laite mallin kaikkien yksilöiden luminanssi-arvot raporttina
3. Mittauspöytäkirjan keventäminen
Toiminnalliset vaatimukset
1. Tietojen automaattinen kerääminen tietokantaan
2. Järjestelmästä saatavat erilaiset raportit
3. Tietojärjestelmän tulee toimia offline- ja online-tilassa
Ei-Toiminnalliset vaatimukset
1. Työn määrä ei saa lisääntyä
2. Lisäkustannuksien välttäminen

Mittaushetkeä parantava uudistus on mittauspöytäkirjan (liite 1) keventäminen, jolla tarkoitetaan turhien kohtien poistamista. Mittauspöytäkirjan eteneminen tulee muuttua niin, että se etenee mittaajien haluamassa järjestyksessä. Mittauspöytäkirjaan tulee myös uusi kohta, johon mittaaja voi itse kirjata, tarvitseeko näyttö mahdollisia jatkotoimenpiteitä.

Fyysikot toivovat erilaisia yleistilastoraportteja, kuten laitevalmistajan spesifin mallin luminanssiarvojen tiedot. Tämän avulla löydetään helposti se näyttö, jonka asetuksissa tai yleisessä suorituskvyssä on jotain häiriötä, jolloin se todennäköisimmin vaatii asetusten kalibroinnin. Järjestelmästä tulee saada raportteja, joista voi erotella joidenkin osa-alueiden kriteerien täyttävät näytöt sekä ne, jotka eivät täytä kriteereitä. Raportin silmäämällä tarkastelulla erotetaan joukosta näyttö, joka ei kuulu joukkoon, jolloin sen tiedetään vaativan toimenpiteitä.

Kriteereiden täyttöehdoista tulee seuraavaksi esimerkki. Mittauspöytäkirjassa illuminanssilla on kolme luokitusta, jotka ovat 1-, 2- ja 3-luokka (kuva 6). Alapuolella on kuva mittauspöytäkirjan illuminanssin täyttökohdasta ja luokkarajoista.

<i>Illuminanssi ja L-amb</i>	lux	1-luokkaraja	2-luokkaraja
illuminanssi (lux)	8,0	10	50
L-amb (cd/m ²)	0,04	0,15	0,29

Kuva 3: Mittauspöytäkirjan Illuminanssin ja L-amb:n täyttökohdat.

1-luokan mukaan näyttöön kohdistuva valaistusvoimakkuus on täysin suositellulla tasolla. 2-luokan näytöt kuuluvat myös hyväksyttyihin rajoihin, mutta 3-luokan näytöt eivät täytä tarvittavia kriteereitä. Tietojärjestelmästä halutaan illuminanssin kohdalla kolmea eri raporttia, joista selviää, mitkä näytöt kuuluvat mihinkin luokkaan. Tällä voitaisiin esimerkiksi kartoittaa liian valoisia sanelutiloja.

Edellä mainittujen palaverien myötä järjestelmästä haluttujen raporttien vaatimusmäärittely on luotu. Alapuolella on taulukossa vaatimusmäärittelyn tuloksena suunnitellut raportit (taulukko 3).

Taulukko 3. Raporttien vaatimusmäärittely.

Raporttien vaatimusmäärittely
Käyttäjien vaatimukset
1. Mittauspäivämäärät
2. Spesifin laite mallin kaikkien yksilöiden luminanssi-arvot
Lisäksi mittaustiedoista saatavat raportit
1. Spesifin sairaala kaikki näytöt
2. Spesifin valmistajan kaikki näytöt
3. Tilojen valoisuuksien kartoitus raportteja
4. Toimenpiteitä vaativat näytöt
5. Näyttöjen teknisiä tietoja sisältävät raportit (näytönohjain, resolutio, värisävy)
6. Huonojen pikseleiden seuranta raportit
7. Luminanssin tasaisuuksien seuranta raportit

Järjestelmälle on nyt saatu luotua erilaisia vaatimuksia, joten sen kehitystyö jatkuu järjestelmäanalyysillä.

3.3 Järjestelmäanalyysi

Kun esitutkimuksessa ja vaatimusmäärittelyssä on saatu kuvattua, miksi järjestelmä rakennetaan ja mitä järjestelmä tekee, on seuraavana vaiheena suunnitella, miten järjestelmä toteutetaan. [5, s. 27.] Tässä projektissa järjestelmäanalyysin ensimmäinen vaihe on toteutustavan valitseminen.

Alkuperäinen idea ja ensimmäinen toteutustavan vaihtoehto on Microsoft Office-ohjelmistopakettien Access-tietokantaohjelmisto. Accessissa on kaikki tietokannan hallinnointiin ja luomiseen tarvittavat ominaisuudet. HUSilla on ollut käytössä Microsoft Office -ohjelmistopaketti, joten Accessin saa asennettua ilmaiseksi jokaiselle keskusyksikölle. Access on tarkoitettu pienten ja keskisuurien tietojen käsittelyyn, joten se sopii myös siltä osin täydellisesti näyttöjen tietokannaksi. Se myös täyttää kaikki toiminnalliset ja ei-toiminnalliset vaatimukset. HUS-ATK Tuki ei anna käyttäjätukea Accessin käyttöön, mutta Accessiin pystyy luomaan helppokäyttöisen käyttöliittymän, joten sen käyttö ei juurikaan vaadi uuden opettelua. Access-tietokantaa on helppo liikutella yhtenä tiedostona, joten sen voi HUS:in verkkolevyltä tarpeen tullen siirtää tietokoneen paikalliselle tallennuslevylle, ja myöhemmin sitten takaisin omalle sijainnilleen HUSin verkkolevylle. Accessissa ei ole automaattista varmuuskopiointiominaisuutta, joten jaettu verkkolevy on tilanteeseen todella oiva, koska HUS:in tietojärjestelmä varmuuskopioi verkkolevyn tiedostot väliajoin.

Toisen toteutustavan vaihtoehto on käyttää ilmaista MySQL-ohjelmistoa. HUS-ATK Tuki ilmoitti, ettei anna käyttäjätukea MySQL:n käyttöön. Mikäli tämän toteutustavan ylläpidon kanssa tulee mahdollisesti ongelmia, niin se lisää työmäärää, jolloin se ei täytä kaikkia ei-toiminnallisia vaatimuksia.

Kolmas toteutustavan vaihtoehto on käyttää Microsoft SQL -palvelinta ja MS Access -tietokanta-ohjelmistoa. HUS-Tietohallinnon Microsoft SQL -palvelimelta saa paikan tietokannalle, jolloin tietokannan data tallentuu heidän palvelimelleen. Dataan pääsee käsiksi tietokannan hallinnointijärjestelmän kautta, jota ohjataan tietokannan käyttöliittymällä. MS Accessilla voidaan luoda tietokannan käyttöliittymä, sekä se toimii tietokannan hallinnointijärjestelmänä. Yhteydenotto tietokantaan vaatii jatkuvan online-tilan, joten kaikki toiminnalliset vaatimukset eivät täyty kokonaan. Järjestelmästä saatavat raportit vaatii raportointityökalun hankkimista, joten kaikki ei-toiminnalliset vaatimukset ei myöskään täyty.

Edellä mainitut kolme vaihtoehtoa on vertailtu alapuolella olevassa taulukossa 4. Taulukossa ”kyllä” tarkoittaa, että vaatimus täyttyy ja ”ei” tarkoittaa, että vaatimus ei täyty.

Taulukko 4. Toteutustapavaihtoehtojen vertailu.

Toiminnalliset vaatimukset	Microsoft Office	MySQL	MS SQL SERVER + MS Access
1. Tietojen automaattinen kerääminen tietokantaan	kyllä	kyllä	kyllä
2. Järjestelmästä saatavat erilaiset raportit	kyllä	kyllä	kyllä
3. Tietojärjestelmän tulee toimia offline- ja online-tilassa	kyllä	kyllä	ei
Ei-Toiminnalliset vaatimukset			
1. Työn määrä ei saa lisääntyä	kyllä	ei	kyllä
2. Lisäkustannuksien välttäminen	kyllä	kyllä	ei
Muut vaikuttavat tekijät			
1. HUS-ATK Tuki	ei	ei	kyllä

Vertailun myötä toteutustavaksi valittiin Microsoft Office –ohjelmistopaketti. Toteutustapa täyttää kaikki toiminnalliset ja ei-toiminnalliset vaatimukset, mutta sen käyttöön ei saada HUS-ATK Tuelta käyttäjätukea, joka luo riskejä ylläpidon kannalta.

Tiedot tulisi saada mittauspöytäkirjasta tallennettua Access-tietokannan sisälle. Syntyi idea, että tiedot voidaan tietokantayhteyden avulla lähettää Excelin mittauspöytäkirjasta Access-tietokannan taulukkoon. Yhteyden muodostaminen onnistuu VBA-ohjelmointieditorilla ja ADO-komponentilla, jotka löytyvät valmiina Microsoft Office -ohjelmistopakettista.

Järjestelmän toiminnallisella määrittelyllä kuvataan järjestelmän kaikkien toimintojen yksityiskohtaiset kuvaukset sekä järjestelmän käsittelemien tietojen ja tietokannan kuvaus. Taulukossa 5 on kuvattu järjestelmän toiminnallinen määritelmä, johon on selvitetty jokainen toiminto ja tietokantayhteyden rajapinta.

Taulukko 5. Järjestelmän toimintojen yksityiskohtainen kuvaus.

1. Mittaustietojen tallentaminen mittauspöytäkirjasta Access-tietokantaan
2. Tiedonsiirtoyhteys toteutetaan ActiveX Data Objects-tietokantayhdeydellä ja Visual Basic for Application–ohjelmointikielellä
3. ADO-tietokantayhteys käyttää Object linking and Embedding, Database – rajapintaa (OLE DB) ohjelmistojen välillä
4. OLE DB -rajapinta käyttää Open Database Connectionin (ODBC) standardoituja funktioita, jotka tulkitsevat SQL-komennot tietokannan ymmärtämään muotoon
5. Data tallennetaan yhteen tiedostoon ja sitä käytetään työpöytä-tietokantana
6. Tiedosto tallennetaan HUS:in Z-verkkolevylle, johon jaetut käyttöoikeudet
5. Tietokannan dataa käsitellään SQL-kielellä
6. Käsitelty data tulostetaan erilaisissa raporttipohjissa

Taulukossa 6 on lista tiedoista, jotka tullaan mittauspöytäkirjasta siirtämään tietokantaan.

Taulukko 6. Tietokantaan siirrettävät tiedot.

1. Merkki
2. Malli
3. Sarjanumero
4. HUS inventaario numero
5. Mittaus päivämäärä
6. Sairaala
7. Tila
8. Mittaaja
9. Näytönohjain
10. Väri
11. Resoluutio
12. BL käyttömäärä
13. DL käyttömäärä
14. Illuminanssi
15. Tummat pikselit
16. Kirkkaat pikselit
17. Tumman suurin tasaisuuspoikkeama
18. Kirkkaan suurin tasaisuuspoikkeama
19. RMS-poikkeama kontrastivasteelle

- | |
|----------------------------------|
| 20. Näyttöparin luminanssisuhde |
| 21. Minimi luminanssi |
| 22. Maksimi luminanssi |
| 23. Näyttöparin kromaattisuusero |
| 24. Vaatiiko toimenpiteitä |

Tietokantaan siirrettävät tiedot saatiin päätettyä, joten tietokannan kantataulukon pystyy suunnittelemaan. Tietokantaan lisätään indeksi, jonka tietotyyppinä toimii laskuri, joka tekee jokaiselle mittaukselle oman indeksinumeron. Sarjanumerot ja HUS-inventaario numero sisältää kirjaimia, joten niiden tietotyyppiä valittiin Lyhyt teksti. Seuraavana on esitetty tietokantaan tulevan kantataulukon kentät, niiden tietotyypit sekä kenttien koot.

Taulukko 7. Tietokannan kantataulukko.

Kentän nimi	Tietotyyppi	Kentän koko
1. Indeksi	Laskuri	Pitkä kokonaisluku
2. Merkki	Lyhyt teksti	225
3. Malli	Lyhyt teksti	225
4. Sarjanumero	Lyhyt teksti	225
5. HUS inventaario numero	Lyhyt teksti	225
6. Mittaus päivämäärä	Pvm./klo	p\k\vvvv
7. Sairaala	Lyhyt teksti	225
8. Tila	Lyhyt teksti	225
9. Mittaaja	Lyhyt teksti	225
10. Näytönohjain	Lyhyt teksti	225
11. Väri	Lyhyt teksti	225
12. Resoluutio	Lyhyt teksti	225
13. BL Käyttömäärä	Luku	Pitkä kokonaisluku
14. DL Käyttömäärä	Luku	Pitkä kokonaisluku
15. Illuminanssi	Luku	Pitkä kokonaisluku
16. Tummat pikselit	Luku	Pitkä kokonaisluku
17. Kirkkaat pikselit	Luku	Pitkä kokonaisluku
18. Tumman suurin tasaisuuspoikkeama	Luku	Pitkä kokonaisluku
19. Kirkkaan suurin tasaisuuspoikkeama	Luku	Pitkä kokonaisluku
20. RMS-poikkeama kontrastivasteelle	Luku	Pitkä kokonaisluku
21. Näyttöparin luminanssisuhde	Luku	Pitkä kokonaisluku
22. Minimi luminanssi	Luku	Pitkä kokonaisluku
23. Maksimi luminanssi	Luku	Pitkä kokonaisluku
24. Näyttöparin kromaattisuusero	Luku	Pitkä kokonaisluku
25. Vaatiiko toimenpiteitä	Lyhyt teksti	225

Yksi käyttäjien vaatimuksista on mittauspöytäkirjan keventäminen. Nykyinen mittauspöytäkirja on Excel-taulukkolaskentaohjelmassa ja sitä tullaan jatkossakin käyttämään. Nykyisessä mittauspöytäkirjassa (liite 1) on kohtia, joita ei täytetä, joten ne karsitaan pois. Taulukossa 8 on kuvattu mittauspöytäkirjaan tulevat muutokset. Ensin kuvataan, mitkä täyttökohdat karsitaan pois, ja sen jälkeen kuvataan mittauspöytäkirjan etenemisen uusi järjestys.

Taulukko 8. Mittauspöytäkirjan uudistus.

Seuraavat täyttökohdat karsitaan pois
<ol style="list-style-type: none"> 1. Toimittaja 2. Hankintapäivä 3. Takuuaika 4. Tuumakoko 5. LCD/CRT/plasma 6. Käyttöluokka 7. Kontrastisäätö 8. Kirkkaussäätö 9. Virkistystaajuus 10. Värimäärä 11. Liintätätyyppi
Mittauspöytäkirjan eteneminen muutetaan seuraavaan järjestykseen
<ol style="list-style-type: none"> 1. Näytön yleistiedot 2. Ympäristön valaistus ja heijastukset 3. Luminanssi- ja kontrastivasteen mittaukset 4. Pikselivirheet, luminanssin tasaisuus ja kromaattisuus 5. Näytön suorituskyvyn yleisarvio 6. Lisätiedot 7. Luminanssi- ja kontrastivasteen käyrät

Vaatimusmäärittelyn ja järjestelmäanalyysin myötä järjestelmän toteutustapa ja toteutusvälineet on saatu päätettyä.

3.4 Toteutusvälineet

Järjestelmäanalyysin myötä päätettiin, että tietojärjestelmä toteutetaan Microsoft Access tietokantaohjelmistolla ja mittauspöytäkirjaa kehitetään Microsoft Excel ohjelmistolla.

Työssä käytetään Microsoftin kehittämää VBA-ohjelmointikieltä (Visual Basic for Application). Tiedonsiirtoyhteys Excelin ja Accessin välille tullaan luomaan käyttäen ActiveX Data Objects -tietokantayhteyttä. Kyseiset välineet on esitelty seuraavissa kappaleissa.

Microsoft Access on Office-ohjelmistopakettiin kuuluva relaatiotietokantaohjelma ja tietokannan hallintajärjestelmä (DBMS - Database Management System), joka on tarkoitettu pienten ja keskisuurten aineistojen keräämiseen ja käsittelyyn. Access sisältää kaikki tietokannan hallinnointiin tarvittavat ominaisuudet (tietokantamoottori, käyttöliittymä ja hallinnointijärjestelmä). Access-tietokannan toimintojen luominen on helppoa ohjatun luomistoiminnon avulla (engl. Wizard). Edistyneen graafisen käyttöliittymän ansiosta ohjelmiston käyttäminen ei vaadi monimutkaisten ohjelmointikielten opettelua. Yksilöllisten toimintojen ohjelmoiminen onnistuu VBA-ohjelmointikielen avulla. [6.]

Accessissa on Microsoft JET -tietokantamoottori, joka koostuu joukosta ohjaimia ja olioita, jotka helpottavat tietokantaohjelmointia. Tietokantamoottori mahdollistaa Accessin sisäisen tiedon tallentamisen yhteen ja ainoaan tiedostoon, jolloin se toimii niin sanottuna työpöytä-tietokantana. Tällöin sitä voidaan helposti liikuttaa paikasta toiseen yhtenä pakettina. Access toimii myös jaettuna tiedostomallina, jolloin osa tiedoista voidaan tallentaa esimerkiksi Microsoft SQL -palvelimelle. Jaettua tiedostomallia käytetään yleensä, jos tietokannalla on useita käyttäjiä samanaikaisesti. [6.]

Accessin käyttämä tiedostomuoto on accdb-tiedosto. Access-tietokantaan voidaan yhdistyä muistakin ohjelmista käyttäen ODBC (Open Database Connectivity) -rajapintaa, joka on standardoitu avoin ”keskustelu”-toiminto tietokannoille. Accessilla voidaan luoda erilaisia kyselyitä tietojen etsimiseen ja käsittelyyn, lomakkeita tietojen ylläpitoon sekä raportteja tietojen tarkasteluun. [6.]

Relaatiotietokantoja käsitellään SQL-kielen (Structured Query Language) avulla ja sillä toteutetaan relaatiotietokantatuotteiden joukko-opillisuus. Relaatiotietokannan tietoja käsitellään joukko-opillisesti, jolloin taulukon muodostamia rivejä voidaan joukko-operoida. Joukko-ointi mahdollistaa sen, että yhdellä käskyllä voidaan tulostaa/päivittää/lisätä tietoa haluttuun paikkaan. Esimerkkeinä: ”Hae kaikki Barco -merkkiset näytöt” tai ”Hae Barco-merkkisten näyttöjen maksimiluminanssi-arvot”. SQL-kieli on ei-proseduurinen kieli eli sillä kuvataan, mitä tietoa haetaan. SQL-kielillä voidaan tulostaa, päivittää, lisätä tai poistaa tietokannan sisältämiä tietoja. [7, s. 10-11.]

Microsoft Excel on Office -ohjelmistopakettiin kuuluva taulukkolaskentaohjelma, jonka toiminta perustuu soluihin. Soluihin voi syöttää lukuja, tekstiä tai kaavoja ja niitä voi ryhmitellä riveille sekä sarakkeille. Tällöin voidaan tehdä helposti erilaisia laskutoimituksia, lajitteluita, tietojen suodatuksia ja kaavioita. VBA-ohjelmointikielen avulla voidaan luoda erilaisia funktioita tietojen syöttöä varten tai liittymiä muihin ulkoisiin ohjelmistoihin. [8.]

Visual Basic for Applications (VBA) on Microsoftin kehittämä ja Office-ohjelmistopaketin mukana tuleva ohjelmointikieli. Sillä voidaan luoda uusia makroja ja muokata niitä tai lisätä ohjelmiin uusia toimintoja. Ohjelmointi tapahtuu Microsoft Visual Basic -editorilla, johon pääsee esimerkiksi Accessissa ja Excelissä näppäinyhdistelmällä ALT-F11.

ActiveX Data Objects (ADO) on tietokantayhteys, jolla voidaan muodostaa yhteys ohjelmistojen välille. ADO:n rajapinnan funktioiden avulla luodaan yhteys tietokantaan, luetaan ja käsitellään tietoja. ADO käyttää OLE DB (Object linking and Embedding, Database) rajapintaa, joka on ODBC (Open Database Connection) eli avoin tietokanta yhteys SQL-sovellusten ohjelmointiin Windows-ympäristössä. OLE DB käyttää ODBC:n standardoituja funktioita, jotka tulkitsevat SQL-komennot tietokannan ymmärtämään muotoon. ADO:n päämäärät ovat vähäiset levyn- ja muistinkäyttö, suuri nopeus sekä helpokäyttöisyys. [9.]

3.5 Suunnittelu

Tietojärjestelmien suunnittelun apuna toimii vaatimusmäärittely ja järjestelmäanalyysi, joiden avulla tietokannan käyttötarkoituksen saa määriteltä. Tällöin tiedetään, mitä tietoja järjestelmään on tarkoitus tallentaa sekä miten niitä halutaan esittää (taulukko 6). Suunnittelun tavoitteet ovat selkeys, ymmärrettävyys, tehokkuus, luotettavuus, ylläpidettävyys ja siirrettävyys. [3, s. 27.]

Ohjelmistojen kehittäminen saattaa olla monimutkainen ja laaja tehtävä, joten projektin etenemisen kannalta kehitysvaihe tulisi jakaa osiin. Yksi vaihe on yksi inkrementti eli yksi pieni toimiva kokonaisuus. Tällöin yksi toimiva kokonaisuus voidaan ottaa käyttöön jo varhaisessa vaiheessa. [10, s. 10.] Mittauspöytäkirja on ensimmäinen inkrementti, toinen on tiedonsiirtoyhteys ja kolmas on tietokanta. Projektin tiedonsiirto-ohjelmassa käytettiin

suunnittelumallina inkrementaalista kehitystä, joka muistuttaa ihmisen ongelmanratkaisutapoja. Siinä oli vaiheina määrittely, suunnittelu, toteutus ja testaus. Kyseinen suunnittelumalli saattoi olla melko työläs, mutta myös todella opettavainen.

Järjestelmästä luotiin aluksi erilaisia harjoitusversioita, jotta nähtiin, miten ne toimivat käytännössä. Jos harjoitusversio ei toiminut, niin tehtiin uusi versio ja yritettiin löytää toimiva ratkaisu. Mittauspöytäkirjan uusi järjestys oli suunniteltu (taulukko 5.) ja Accessiin tarvittavat raportit mietitty etukäteen (taulukko 2), niin voitiin suunnittelun pohjalta alkaa toteuttamaan projektia, kun toimiva ratkaisu oli löytynyt.

3.6 Toteutus

Toteutusvaiheen tarkoitus on toteuttaa ohjelmisto tai sen osa jollakin ohjelmointikielellä tai sovelluskehittimellä. Jos aiemmat kehitysvaiheet on tehty asianmukaisesti eli kaikki tärkeimmät ohjelmiston rakennetta ja toiminnollisuutta koskevat ratkaisut on tehty, niin toteutusvaiheen pitäisi olla melko suoraviivainen toimenpide. [5, s. 28.] Toteutusvaiheet jaettiin kolmeen osaan, jotka yhdessä muodostavat tietojärjestelmän kokonaisuudekseen.

3.6.1 Mittauspöytäkirjan uudistus

Projektin toteutus alkoi mittauspöytäkirjan uudistamisella (liite 1). Mittauspöytäkirjan tarkoitus oli toimia lomakkeena tiedonkeräämistä varten näyttöjen mittauksissa. Pöytäkirjasta karsittiin muutama ylimääräinen täyttökohta pois sekä sen etenemistä muutettiin.

Uuden pohjan muotoilu hahmoteltiin aluksi kynällä paperille, jonka jälkeen sitä alettiin työstämään tyhjälle Excel-työkirjalle. Sanelupiste koostui yleensä näyttöparista, joten mittauspöytäkirjaan piti saada kahden näytön mittausarvot. Työkirjan vasen puoli määriteltiin vasemmanpuoleiselle näytölle ja oikea puoli oikeanpuoleiselle näytölle. Solut joihin tuli mittausarvoja tai tietoja värjättiin. Jos solu koski käsitettä, jolla on 1- ja 2-luokkarajat, niin niihin tehtiin ehdollinen muotoilu. 1- ja 2-luokkarajat laitettiin näkyviin merkittävän solun oikealle puolelle. Jos solu täytti 1-luokkarajan ehdot, niin solun väri pysyi vihreänä. Kun 1-luokkaraja ylittyi, niin solun väri muuttui keltaiseksi. Jos solu ylitti 2-luokkarajan ehdot, niin se muuttui punaiseksi. Punainen väri ilmaisi, että suositukset ovat ylittyneet. Seuraavana on kuva 6 solujen värimuutoksista.

Näytön pinta	k/e		2-luokkaraja
Puhdas	k	OK	k
Peiliheijastukset	e	NOT OK	e
Illuminanssi ja L-amb	lux	1-luokkaraja	2-luokkaraja
Illuminanssi (lux)	15,30	10	50
L-amb(cd/m2)	0,13	0,16	0,32

Kuva 6: Mittauspöytäkirjan solujen värien muutokset.

Laadunvarmistusmittauksista saaduista mittausarvoista haluttiin laskea seuraavat asiat:

- luminanssi- ja kontrastivaste
- RMS poikkeama kontrastivasteelle
- luminanssisuhde
- näyttöparin maksimiluminanssien ero
- minimi- ja maksimiluminanssi
- luminanssien suurimmat tasaisuuspoikkeamat
- näytön kromaattisuusarvojen konvertoidut-arvot
- näyttöparin kromaattisuusero.

Työkirjan lopussa on piilotettu laskentaosio, jossa nämä arvot on laskettu taulukoihin apuna käyttäen luvussa 2.5 (Näytön suorituskykyyn liittyvät asiat) kerrottuja laskenta-kaavioita. Minimi- ja maksimiluminanssit laskettiin kaavoilla 1 ja 2. Näytön luminanssisuhde LR laskettiin minimi- ja maksimiluminanssin jakolaskulla (L_{max}/L_{min}). Näyttöparin maksimiluminanssien ero oli molempien näyttöjen maksimiluminanssien prosentuaalinen ero.

GSDF-luminanssivaste laskettiin 18 eri harmaasävyiltä saaduista luminanssiarvoista laskemalla JND-indeksit kaavan 3 avulla. JND-indeksien avulla laskettiin luminanssiarvot kaavan 4 avulla, jonka jälkeen arvoista voitiin muodostaa näytön luminanssivastekäyrä sekä maksimi- ja minimiluminansseja vastaava GSDF:n mukainen luminanssivastekäyrä. Kahden luminanssiarvon avulla laskettiin kontrastikynnys kaavalla 5, josta saatuja arvoja verrattiin standardien mukaisiin kontrastivastearvoihin laskemalla jokaiselle prosentuaalinen poikkeama eli RMS-poikkeama. Näyttöparin kontrastivasteista tehtiin JND-

indeksien funktiona kuvaajat samaan koordinaatistoon, joita verrattiin samassa kuvajassa olevaan Barten-mallin mukaiseen GSDF-käyrään.

Tumman ja kirkkaan kuvan luminanssin suurin tasaisuuspoikkeama laskettiin kaavalla 6. HUS laadunvarmistuksessa käytössä oleva mittauslaite antaa näyttöjen kromaattisuudet XY-koordinaatistossa, joten ne konvertoidaan u^* ja v^* värikoordinaateiksi kaavoilla 7 ja 8. Konvertoiduista arvoista voitiin laskea näyttöparin kromaattisuusero kaavalla 9.

Pöytäkirja piti tehdä A4-kokoiselle pohjalle, jotta sitä voitaisiin käyttää erillisenä raporttina mittauksen jälkeen. Raportin tuli myös näyttää hyvältä, joten tulostusalue oli hyvä määritellä. Lomakkeessa haluttiin liikkua helposti TAB-näppäimen avulla, joten työkirjasta luokitettiin kaikki muut solut paitsi ne, joihin mittautustietoja haluttiin kirjata. Valmista mittauspöytäkirjaa verrattiin aiemmin käytössä olleeseen pöytäkirjaan, jotta voitiin olla varmoja, että tulokset ja käyrät näyttävät samoilta. Mittauspöytäkirja on työn liitteenä (2).

3.6.2 Tiedonsiirtoyhteys

Tietokanta oli valmis vastaanottamaan tietoa, joten seuraava vaihe oli tiedonsiirto-ohjelman ohjelmointi. Excel-työkirjassa avattiin VBA-ohjelmointi editori näppäinyhdistelmällä *CRTL-F11*. Ensin piti ohjelmoida painike, jolla haetaan Monitorikannan fyysinen sijainti. Painikkeeseen tuli filtti, joka näytti vain ".acc*" päätteiset tiedostot. Kun tietokanta oli valittu, niin ohjelma kirjasi tietokannan sijainnin Excel-työkirjan H17 soluun. Ohjelmakoodi on työn liitteessä.

Tiedonsiirtoa varten käytettiin ADODB-tietokantayhteyttä. Ohjelma valitsi tietokannan sijainnin solusta H17, joka määräytyi *dbPath*-nimelle. Seuraavassa kohdassa ohjelma etsii viimeisen rivin viimeisen tiedon. Molemmille näytöille oli määrätty omat rivit, joille tiedot oli laitettu (2 riviä, 24 kenttää). Seuraavaksi kokoelmaluokan muuttujia alettiin alustamaan ADODB.Connectionin avulla. Ohjelma tarkisti, onko Excel-työkirjan solussa A2 mitään tietoa. Mikäli tietoja ei ollut, niin ohjelma lähetti näytölle viestin "*Taulukosta puuttuu tietoja. Täytä mittauspöytäkirja ja yritä uudelleen*". OLE DB-rajapinnan kautta tietokantayhteyttä alettiin avaamaan, jossa käytettiin Microsoft ACE. OLEDB.12.0.-komponenttia. Kantayhteyden avaamisen yhteydessä määriteltiin tiedonlähde (*dbPath*) ja tietoturvasetukset. Kun kantayhteys aukesi, niin ADODB.Recordset toimi tiedon vastaanottajana. Tiedonsiirron jälkeen yhteys suljettiin ja nollattiin. Onnistuneesta tiedonsiirrosta näytölle

ilmestyi viesti: *"Mittaustiedot on lähetetty tietokantaan onnistuneesti"*. Ohjelmakoodi on työn liitteessä 5.

3.6.3 Tietokanta

Tietokannan tietoja haluttiin päästä käsittelemään erilaisilla kyselyillä. Accessissa kyselyiden luominen on helppoa, ja se onnistuu valitsemalla *Ohjattu kyselyn luominen*. Kyselyn luomisessa määritettiin, mitä kenttiä kyselyyn haluttiin, jonka jälkeen kyselyn ehtoja voitiin muokata. Esimerkiksi, jos haluttiin kysely Meilahden sairaalan näytöistä, niin luotiin kysely, johon tuli halutut kentät (Merkki, Malli, Sairaala, Tila, Sarjanumero jne.) ja Sairaala-kentän ehtoihin kirjoitettiin "Meilahti", jolloin kysely tulosti kaikki näytöt, jotka täyttivät ehdon. Aiemmin käytössä olleesta Excel-työkirjasta sai suodatettua näyttöjen mallit, joiden avulla sai tehtyä jokaiselle HUSlla olemassa olleesta laitemallista oman kyselyn.

Kyselyjen tuottamia tietoja haluttiin raporttipohjalle, joten kyselystä luotiin raportti käyttämällä *Ohjattua raportin luominen* -toimintoa. Toiminnossa määriteltiin aluksi, mistä taulukosta tai kyselystä kenttiä halutaan tuoda. Esimerkiksi Meilahden näytöistä saatiin raportti käyttämällä kenttälähteenä Meilahti-kyselyä. Mahdollisten tietojen muokkauksien varalta luotiin *Ohjatun lomakkeen luomisen*-toiminnon avulla lomake, jolla voidaan muokata kantataulukon tietoja.

Monitorikannalle haluttiin käyttöliittymäksi kotisivu, joka luotiin tyhjälle lomakepohjalle. Pohjalle luotiin komentopainikkeita *Ohjattu komentopainikkeen luominen* -toiminnon avulla. Esimerkiksi *Raporttitoiminnot*-kohdassa voitiin valita, avataanko jokin raportti tai lähetetäänkö raportti sähköpostina. Tietokannan jokaiselle raportille luotiin oma komentopainike ja lisäksi painikkeet raportin tulostamiseen ja lähettämiseen sähköpostina. Jos valitsi sähköposti-toiminnon, niin komentopainike avasi Outlook-sähköpostiohjelmiston, johon aukesi tyhjä viesti, jonka liitteenä raportti oli. Komento sopi hyvin käyttöön, koska HUS käyttää Outlook-ohjelmistoa. Monitorikannan kotisivulle tuli myös aktiivinen lomake, josta näki kaksi viimeisintä lisättyä mittausta. Aktiivilomakkeesta pystyi myös hakemaan tietoa haluamallansa hakusanalla. Kun kotisivu tuli valmiiksi, niin tietojärjestelmä oli valmiina testausta ja käytettävyyssarviointia varten, jotta sen voisi käyttöön ottaa.

4 Tietojärjestelmän käyttöönotto ja hyödyt

Järjestelmästä tulee testata mahdollisien ongelmien kartoittamiseksi ennen kuin se otetaan käyttöön. Ongelmia etsitään varsinaisella testauksella sekä käyttäjille tehtävällä käytettävyyssarviolla. Järjestelmällä on kolme eri käyttäjäryhmää. Esimiehet voivat seurata työntekijöiden työn tehokkuutta, mittaajat suorittavat tiedonkirjaamisen ja heille on raportteja, jotka helpottavat mittaus syklin suunnittelua. Fyysikot ovat vastuussa näytöille tehtävistä toimenpiteistä, joten heille on suunnattu raportteja,

4.1 Testaus

Toteutettu ohjelmisto tulee testata ennen sen käyttöönottoa. Testauksen (testing) periaate on löytää ohjelmistosta mahdollisia virheitä. Järjestelmätestauksessa etsitään virkoja koko järjestelmän toiminnoista ja suorituskyvystä. Testausta verrataan aiemmin tehtyyn järjestelmäanalyyysiin, jolloin nähdään, onko järjestelmän toiminnallinen määrittely onnistuttu toteuttamaan. [5, s. 30.]

Mittauspöytäkirjan toimivuutta testattiin vertailemalla sitä vanhempaan versioon. Molempiin pöytäkirjoihin syötettiin samat mittausarvot, jonka jälkeen nähtiin, onko lasketuissa arvoissa ja piirretyissä käyrissä eroja.

Tiedonsiirtoyhteyttä testattiin tietokanta- ja mittauspöytäkirjatiedostojen ollessa tietokoneen paikallisella kiintolevyllä sekä HUS:n verkkolevyllä. Tiedonsiirto-ohjelma todettiin toimivaksi, kun se antoi ilmoituksen onnistuneesta tiedonsiirrosta ja tietojen vastaanotto varmistettiin, jotta ne ilmestyivät tietokannan taulukkoon. Testauksien myötä ilmentyneet ongelmat korjattiin, joten seuraavaksi mahdollisia ongelmia etsittiin käytettävyyssarvion avulla.

4.2 Ohjelmiston käytettävyyden arviointi

Käytettävyydellä (engl. usability) tarkoitetaan, kuinka helppoa on käyttää tuotetta (engl. product). Tuote voi olla fyysinen laite, käyttöliittymä tai ohjelmisto. Käyttöliittymä on tietokonesovelluksen ja ihmisen välinen sovellus, jolla vuorovaikutus muodostetaan. Käytettävyyden määrittelyyn on tehty erilaisia määritelmiä ja niistä yleisimmin on käytössä

kansainvälisen standardointiorganisaatio ISO:n (International Organization for Standardization) ja Jakob Nielsenin tuottamat käytettävyyssarvioinnit. Määritelmissä käytettävyys on lohkottu pieniksi ominaisuuksiksi eli attribuuteiksi. ISO 9241 -standardi jakaa toimistotyön ergonomisen käytettävyyden kolmeen eri attribuuttiin; tuottavuus (engl. effectiveness), tehokkuus (engl. efficiency), miellyttävyys (engl. satisfaction). Jakob Nielsenin määritelmä (1993, 26) jakaa käytettävyyden viiteen eri attribuuttiin, joita ovat opittavuus (engl. learnability), tehokkuus, muistettavuus (engl. memorability), virheettömyys (engl. errors), tyytyväisyys. [11, s. 8 - 11.]

Käytettävyyden arviointimenetelmänä käytetään käytettävyystestausta, jossa pyritään käyttäjien avulla arvioimaan ja parantamaan tuotteen käytettävyyttä. Arviointi tapahtuu niin, että käyttäjille järjestetään mahdollisimman aito tuotteen etukäteen suunniteltu käyttötilanne, jossa tehdään erilaisia testitehtäviä. Tällöin tuotteen toimivuutta pystytään arvioimaan objektiivisesti sitä, kuinka käyttäjät toimivat käyttötilanteessa, kun olosuhteet on kontrolloitu. Käytettävyystestin toteutus voidaan jakaa kolmeen päävaiheeseen, jotka koostuvat useista osa-alueista. Päävaiheet ovat: testin suunnittelu, testin suorittaminen, analysointi ja raportointi. Hyödyllisten ja totuudenmukaisien tuloksien saamiseksi huolellisesti suunniteltu testi on tärkeä, jotta testauksessa onnistutaan. [11, s. 29.]

Testin päämäärien ja tavoitteiden perusteella suunnitellut testikysymykset vaikuttavat merkittävästi lopputuloksiin, joten suunnittelun alussa olisi tärkeää määritellä varsinainen tutkimusongelma. Arvioinnin suunnittelua määrittäessä tulisikin miettiä, miten käytettävyyttä mitataan ja millaista tietoa testin aikana kerätään. Suunnittelun lopuksi yleensä tehdään pilottitesti, jolla testataan testin toimivuutta ja etsitään tarpeellisia muutoksia suoritus-vaiheeseen. [11, s. 31.]

Käyttäjälle annetaan suoritusvaiheeseen tarvittavia taustatietoja tai ohjeistus testin kulkuun. Suositellaan myös, että kirjalliset testitehtävät käytäisiin suullisesti läpi käyttäjän kanssa ennen testin alkua. Testin järjestäjän ei tulisi olla vuorovaikutuksessa käyttäjän kanssa testin aikana, jotta tilanne olisi mahdollisimman aito. Testitehtävien aikaan saama tieto kerätään jollain tiedonkeruu- tai arviointimenetelmällä. Yleisiä menetelmiä tiedon keruuseen ovat havainnointi, ääneen ajattelu sekä testitilanteen videokuvaukset. [11, s. 32.]

Testin päätyttyä käyttäjä pyydetään täyttämään kyselylomake tai hänelle suoritetaan loppuhaastattelu. Viimeisessä vaiheessa testin myötä syntyneet aineistot analysoidaan ja

dokumentoidaan. Testin myötä ilmaantuneet mahdolliset ongelmat tulisi priorisoida ja analysointi tulisi aloittaa eniten hankaluuksia tuottavasta vaiheesta. Käytettävyysongelmien kuvaamiseen käytetään yleensä Nielsenin esittämää viisiportaista luokitteluasteikkoa. Asteikossa nolla tarkoittaa, ettei käytettävyysongelmia ole ja neljä tarkoittaa välttämätöntä korjausta ennen tuotteen julkaisua. Analyysien perusteella tuloksista tehdään raportti, josta selviävät tutkimustulokset sekä toimenpidesuositukset. [11, s. 33.]

Ennen järjestelmän käyttöönottoa muutamalle HUS:in työntekijälle tehtiin käytettävyyssarviotestin, jossa käytiin läpi mittausprosessista saatujen tietojen siirto tietokantaan sekä tietokannassa tietojen tarkasteleminen, muokkaus ja poisto. Testissä juuri mitattuja tietoja tarkasteltiin ja muokattiin, jonka jälkeen käyttäjä tarkasteli haluamaansa raporttia tai kyselyä. Käyttäjä myös loi uuden kyselyn ja muokkasi kyselyn kriteerejä ja lopulta loi kyselystä raportin. Testistä tehtiin mahdollisimman laaja, jotta järjestelmän käyttäjät pääsisivät hieman sisälle, kuinka MS Access toimii.

Testin avuksi tehtiin ohjeet (Liite 6), joita voitiin käyttää apuna. Arviointiosuudessa asteikkona oli 0-10. Kahden käyttäjän antamien arvioiden keskiarvoksi tuli 8,75. Järjestelmästä ei löytynyt mitään virheitä, mutta käyttäjien kokemattomuuden vuoksi järjestelmä vaati silti hieman totuttelua. Toiselle käyttäjästä oli ensimmäinen kerta, kun hän käytti MS Access -ohjelmistoa. Käytettävyyssarviolomake on työn liitteessä 7.

4.3 Käyttöönotto ja ylläpito

Testauksen jälkeen järjestelmä voidaan ottaa käyttöön. Käyttöönotossa (installation) mahdolliset olemassa olevat tiedot, tiedostot ja tietokannat siirretään uuteen järjestelmään. Käyttöönoton suunnittelussa tulee huomioida ympäristön fyysiset ja tekniset muutokset eli uusien tilojen valmistelu, ohjelmistojen sekä laitteistojen asennus. Uuden järjestelmän käyttäjien ja ylläpitohenkilökunnan tulisi saada käyttökoulutusta. [5, s. 32.]

Laadunvalvontamittaukset suorittavat koulutuksen saaneet tekniset henkilöt tai sairaala-fyysikot. Järjestelmällä tulee olemaan noin 5 – 7 käyttäjää. Mittaajat raportoivat mahdollisia toimenpiteitä vaativat näytöt fyysikoille, jotka suorittavat toimenpiteet. Mittauksia suoritetaan liikkuvana työnä, joten silloin käytössä on kannettava tietokone. Tietokantatiedosto asetettiin HUS:in verkkolevyn Z-asemalle, johon on vain spesifeillä henkilöillä käyttöoikeudet. Tietokannan voi siirtää verkkolevyltä kannettavan tietokoneen omalle

massamuistille, jos tiedonsiirto operaation haluaa tehdä heti mittauksen yhteydessä ja tällöin tiedonkirjaamisen tekee henkilö, joka suorittaa mittauksen. Mittauspöytäkirjat voi myös tallentaa omina erillisinä tiedostoina, ja tiedot voi siirtää tietokantaan myöhemmin. Tiedonsiirto-ohjelma kulkee jokaisen mittauspöytäkirjatiedoston mukana. Tietokannan aktiivilomakkeen kautta voidaan tehdä jälkeinpäin muokkauksia mittaustietoihin, jos niihin tulee jälkeinpäin muutoksia.

Järjestelmä tulee toimimaan jokaisella tietokoneella, josta löytyy Microsoft Access -ohjelmisto. HUS:lla on käytössä kahta erilaista versiota Microsoft Office -ohjelmistopakettista, joten jokaisella henkilöllä ei välttämättä ole MS Access -ohjelmaa valmiina. HUS-ATK Tuki voi etäasentaa MS Accessin niille henkilöille, jotka sitä pyytävät.

Järjestelmän käyttöönottoilaisuudessa uusi prosessi käytiin alusta loppuun läpi. Käyttäjille oli tullut jo tutuksi, miten uusi järjestelmä toimii, joten varsinaista käyttökoulutusta ei tarvinnut enää tässä vaiheessa antaa.

Ylläpidon (maintenance) tarkoitus on huolehtia järjestelmän toimintakunnosta. Toimintakuntoa edistetään virheiden korjauksella, jatkokehityksellä sekä mahdollisilla muutostöidenpiteillä. Joskus virheen korjaaminen saattaa aiheuttaa uuden ongelman jossain muualla. Järjestelmän elinkaareen panostetuista resursseista noin 70 % menee sen ylläpitoon, joten hyvällä suunnittelulla ja dokumentoinnilla voidaan säästää suuria summia rahaa. [4, s. 34.] Järjestelmän ylläpitotehtäviin oli luotu avuksi ohjeet (liite 6), joita käytettiin myös käytettävyyssarvion lisäohjeina.

4.4 Raporttien hyödyt

Tietokantaan saa nyt tallennettua laadunvarmistusmittauksista saatuja tietoja, joita käsitellään SQL-kyselyiden avulla. Kyselyiden pohjalta on luotu erilaisia raportteja, jotka antavat kokonaisnäkemyksiä näyttöjen laadusta. Joidenkin raporttien avulla pystytään erottamaan massasta yksilöitä, jotka eivät kuulu joukkoon. Näyttöjen valmistajat ovat määrittelleet mallikohtaiset luminanssiarvot jokaiselle mallille. Asetukset ovat voineet muuttua esimerkiksi käyttäjien tekemien säätöjen vuoksi tai näytössä ilmenneen suorituskyvyn heikkenemisen takia. Taulukossa 9 on esitelty tietokannasta tulostettavat raportit, niiden merkitys ja ketkä siitä hyötyy.

Taulukko 9. Raportit.

Raportti	Merkitys	Kenelle
Spesifin sairaalan (Esim. Meilahti)	Näyttää sairaalan kaikki näytöt. Helpottaa inventointia ja mittausskeikkojen suunnittelua.	Kaikille
Valmistajakohtainen (Esim. Barco)	Näyttää valmistajan kaikki näytöt. Helpottaa inventointia.	Kaikille
Spesifin mallin jokaisen yksilön luminanssi-arvot	Näyttää laitemallin kaikki näytöt ja niiden luminanssi-arvot. Auttaa kartoittamaan joukosta eroavia yksilöitä, koska kaikissa tulisi olla samat luminanssi-säädöt.	Fyysikoille
Kaikkien näyttöjen luminanssi arvot	Listaa kaikki näytöt ja antaa kokonaisnäkyvän niiden luminanssi-arvot.	Fyysikoille
Kuukausittain mitatut näytöt	Listaa viimeksi mitatut näytöt kuukausittain ja tällä voidaan seurata tekemisen tehokkuutta.	Mittaajille
Vuosittain mitatut näytöt (2015, 2016, 2017)	Näyttää vuoden aikana mitatut näytöt ja tällä voidaan seurata, että onko vuoden mittaussyklissä onnistuttu mittaamaan kaikki näytöt.	Mittaajille, Esimiehille
Vuosi edellisestä mittauksesta	Näyttää ne näytöt, joiden edellisestä mittauksesta on kulunut 1 vuosi, jolloin näyttö tulisi mitata uudestaan. Helpottaa mittausskeikkojen suunnittelua.	Mittaajille
Näytönohjain, resoluutio ja sävy	Inventoi kaikki näytöt ja niiden näytönohjaimet, resoluutiot ja värisävy.	Kaikille
RMS-poikkeama	Listaa kaikki näytöt ja niiden RMS-poikkeamat. Antaa kokonaiskuvaa näyttöjen suorituskyvystä.	Fyysikoille
1 huono pikseli	Näytöt, joissa on ilmentynyt 1 huono pikseli. Seuraavassa mittaussyklissä voidaan seurata, että onko huonoja pikseleitä ilmentynyt lisää.	Mittaajille, Fyysikoille
Yli 2 huonoa pikseliä	Näytöt, joissa on ilmentynyt yli 2 huonoa pikseliä eli yli sallitun rajan. Tämän avulla voidaan kartoittaa mahdollisesti uusittavia näyttöjä.	Mittaajille, Fyysikoille
Tasaisuuspoikkeamat alle 30 %	Listaa näytöt, joiden luminanssin tasaisuuspoikkeamat ovat alle 30 % eli sallitun rajan sisällä.	Fyysikoille
Tasaisuuspoikkeamat yli 30 %	Listaa näytöt, joiden luminanssin tasaisuuspoikkeamat ovat yli 30 % eli yli sallitun rajan ulkopuolella. Tämän avulla kartoitetaan toimenpiteitä vaativia näyttöjä.	Fyysikoille
Illuminanssi < 10	Näytöt, jotka sijaitsevat alle 10 luxin valaistusvoimakkuuden tilassa eli suositelluissa rajoissa. Tällä kartoitetaan tilat, joiden valoisuudet ovat standardien mukaisissa vaatimuksissa.	Fyysikoille, Esimiehille

Illuminanssi > 10, > 50	Näytöt, jotka sijaitsevat 10 - 50 luxin valaistusvoimakkuuden tilassa eli hyväksytyissä rajoissa. Tällä kartoitetaan tilat, jotka ovat standardin hyväksytyissä vaatimuksissa, mutta mahdollisesti voi vaatia toimenpiteitä.	Fyysikoille, Esimiehille
Illuminanssi > 50	Näytöt, jotka sijaitsevat yli 50 luxin valaistusvoimakkuuden tilassa eli yli sallitun rajan. Näiden tilojen valoisuus tulisi korjata standardien suositusten mukaisiksi.	Fyysikoille, Esimiehille
Toimenpiteitä vaativat näytöt	Listaa näytöt, joiden mittauksissa ilmeni, että se vaatii toimenpiteitä. Toimenpiteitä ovat esimerkiksi näytön asetusten kalibrointi tai näytön poistaminen käytöstä.	Fyysikoille

Tietokannan kotisivuilta voidaan avata, tulostaa ja ladata sähköpostin liitteeksi haluama raportti. Raporttien sisältämät tiedot päivittyvät automaattisesti, kun tietokantaan lisätään jotain.

4.5 Järjestelmän jatkokehitysehdotukset ja ongelmat

Järjestelmän jatkokehitys ehdotuksia voisi olla ainakin MS Accessin kotisivun visuaalinen kehittäminen hieman paremman näköiseksi. Mikäli järjestelmään haluttaisiin liittää muita tietokantoja, niin tämä näyttöjen laadunvalvontaa käsittelevä tietokanta voitaisiin siirtää HUS Tietohallinnon Microsoft SQL Server -tietokannaksi, jolloin sen ylläpito kuuluisi tietojärjestelmien asiantuntijoille. Accessissa on valmiina tietokannan ohjattu muunto toiminto sen siirtämiseksi MS SQL Server -tietokannaksi. Sen pääsee valitsemaan Accessissa *Tietokantatyökalut*-välilehdeltä *Siirrä tiedot*-ryhmässä valitsemalla *SQL Server*.

Mitta-arvojen kirjaaminen oli välillä hankalaa, koska toisella kädellä täytyi pitää mittari tiukasti kiinni mitattavassa näytössä ja toisella kädellä täytyi kirjata arvot ylös mittauspöytäkirjaan. Mittausprosessiin voitaisiin kehittää LX-Chromamittarille jokin jalusta, joka parantaa ergonomiaa mittauksia tehdessä. Jalustan voisi soveltaa esimerkiksi kamerajalustasta.

Yksi projektin ongelmista on järjestelmän ylläpito, koska HUS ATK-tuki ei anna käyttötukea MS Accessin käyttöön. Tämän takia ylläpidon avuksi luotiin kuvalliset ohjeet (liite 6), mikäli kyselyitä tai raportteja haluttiin lisätä tai muokata. MS Accessin etuna on mm. sen helppokäyttöinen objektiivinen käyttöliittymä, jolloin sen käytön opetteleminen ei pitäisi

olla maallikolle mahdotonta. Tulevaisuudessa tarvittavat raportit huomioitiin Accessia luodessa, esimerkiksi vuosikatselmusraportteja tehtiin vuoteen 2017 asti (taulukko 9).

5 Yhteenveto

Projektin tavoitteena oli kehittää HUS-kuvantamisen diagnostisten näyttöjen laadunvarmistusmittauksen avuksi työkalu, jolla kerätään mittauksista saadut tiedot, joita myöhemmin voitiin käsitellä. Kokonaisuuteen kuului mittauspöytäkirjan uudistaminen kevyemmäksi ja tiedonsiirtoyhteyden ohjelmointi, jonka avulla tiedot lähetetään Access-relaatio-tietokantaan käsiteltäviksi. Opinnäytetyössä tutustuttiin diagnostisiin näyttöisin, niiden laadunvalvontaan ja tietojärjestelmien kehittämiseen sekä ohjelmiston käytettävyyden arviointiin. Opinnäytetyön käytännön osuudessa esiteltiin tietojärjestelmien kehittäminen vaiheittain itse varsinaisen projektin ohella.

Projektin tuloksena syntyi uusi työkalu HUS-Kuvantamisen näyttöjen laadunvarmistusmittauksien ja koko prosessin avuksi. Työkalulla voitiin kerätä kaikki näyttöjen mittauksista saadut tiedot, minkä helpotti muun muassa mittausrytmin organisointia sekä auttoi kartoittamaan kalibrointia tai muuta toimenpidettä vaativat näytöt. Tietojärjestelmälle laaditut vaatimusmäärittelyt sekä järjestelmäanalyysit myös toteutui. Access-tietokantaa voitiin liikuttaa yhtenä pakettina ja sitä voitiin käyttää sekä online- että offline-tilassa.

Mittauspöytäkirjan kirjaaminen sujuu paremmin, kun ylimääräisiä täyttökohtia ei enää ole. Sen eteneminen menee loogisemmin, kun sen järjestys saatiin muutettua. Pöytäkirjaan on lisätty kohta ”*Vaatiiko toimenpiteitä?*”, joka helpottaa löytämään ne mittauspöytäkirjaraportit, jotka lähetetään fyysikoille arvioitavaksi. Lisäksi siitä voi olla tulevaisuudessa hyötyä esimerkiksi, jos sama näyttö vaatii useamminkin jatkotoimenpiteitä.

Tiedonsiirto MS Excel -työkirjasta onnistui muutaman klikkauksen avulla, joten se ei lisännyt työmäärää mittaushetkeen. Tietokantayhteys toimi myös nopeasti ja virheettömästi. Yhteyden toimivuutta testattiin tietokannan ollessa verkkolevyllä sekä keskusyksikön paikallisella tallennuslevyllä eikä se antanut viitteitä mahdollisista ongelmista. Vaikka tietokanta olisi verkkolevyllä ja mittaushetkellä siihen ei saataisi yhteyttä, niin mittauspöytäkirjat voitaisiin tallentaa erillisinä tiedostoina ja myöhemmin suorittaa tiedonsiirto-operaation, koska tiedonsiirto-ohjelma kulkee jokaisen yksilöidyn mittausraportin mukana. Raporteista ei tarvitse enää yksitellen kerätä tietoja erilliseen Excel-työkirjaan,

joten mittausprosessin jälkeistä työn määrää saatiin vähennettyä, joka lisää työajan tehokkuutta.

Mielestäni uudesta työkalusta on paljon apua laadunvarmistusmittausprosessin kanssa, koska se on nopea ja helppokäyttöinen sekä tuo mahdollisuuden tarkastella mittauksista saatavia tietoja yleiskatselmusmallisena. MS Access -tietokanta soveltui käyttöön lähes täydellisesti sen liikuteltavuuden ansiosta. Tietokantayhteys MS Excelin ja MS Accessin välillä on myös vakaa ja nopea. MS Accessissa olisin voinut hieman enemmän panostaa sen kotisivun visuaaliseen suunnitteluun, koska kotisivun mittasuhteet menivät vähän pieleen. Tein kotisivun 24":n näyttöpäätteeltä enkä ottanut silloin huomioon, miltä se näyttäisi pienen kannettavan tietokoneen näytöltä. Ongelma tosin ei ole kovin suuri, koska raportteja yleensä käsitellään omalla työpisteellä isommilta näyttöpäätteiltä.

Järjestelmästä saatavien raporttien ansiosta eri käyttäjäryhmät saavat monipuolisempaa tietoa näytöille tehtävästä laadunvarmistusmittausprosessista. Raporttien ansiosta kokonaiskuva näyttöjen yleiskunnosta on helpommin arvioitavissa sekä huonojen yksilöiden erottaminen joukosta on helpompaa. Esimiehet voivat seurata työntekijöidensä työn tehokkuutta esimerkiksi kuukausi-raportin avulla. Illuminanssi-raporteilla pystytään kartoittamaan sairaaloista ne tilat, joiden kohdalla ei ole onnistuttu toteuttamaan tilan valoisuus suositusten mukaisiksi. Pikseliraporteilla pystytään seuraamaan niitä näyttöyksilöitä, joiden tiedetään olevan menossa niin sanotusti huonompaan suuntaan. Järjestelmästä saadaan nyt myös raportteja, joilla voidaan selvittää näyttöjen teknisiä tietoja esimerkiksi inventaariota varten. Järjestelmä loi monipuolisia mahdollisuuksia ja niitä voi lisätä sinne jälkeenpäin lisää MS Accessin helppokäyttöisyyden vuoksi. Raporttien lisäämisen avuksi luotiin kuvalliset ohjeet, jota noudattamalla luominen ei ole vaikeaa.

Järjestelmällä on myös hyvät jatkokehitysmahdollisuudet, koska sen saa helposti siirrettyä MS Accessin ominaisuuksien vuoksi esimerkiksi HUS-Tietohallinnon MS SQL -palvelimelle. Siirto MS SQL -palvelimelle rajoittaisi järjestelmän käyttöä offline-tilassa, mutta luulen sen olevan harkinnanvarainen vaihtoehto.

Projektin toteutusvaihe oli työläs, koska välillä saattoi tulla ongelmia, joihin en meinannut löytää sopivaa ratkaisua. Ratkaisujen selvittäminen on tosin parantanut omaa ongelmanratkaisukykyäni ja on opettanut katsomaan asioita laajemmista näkökulmista. Pienet ohjelmoinnissa tapahtuneet virheet myös viivästyttivät työn etenemistä. Vastavuoroisuus-

dessa paras hetki projektissa ehkä oli, kun tiedonsiirtoyhteys alkoi toimimaan täydellisesti. Projektin ohessa kehittyi lisäksi MS Access- ja MS Excel -ohjelmistojen käyttötaidot. Aloitin projektin syyskuun alussa 2015, ja projekti oli valmis joulukuussa 2015, joka myös oli alkuperäisen suunnitelman mukainen aikataulu.

Lähteet

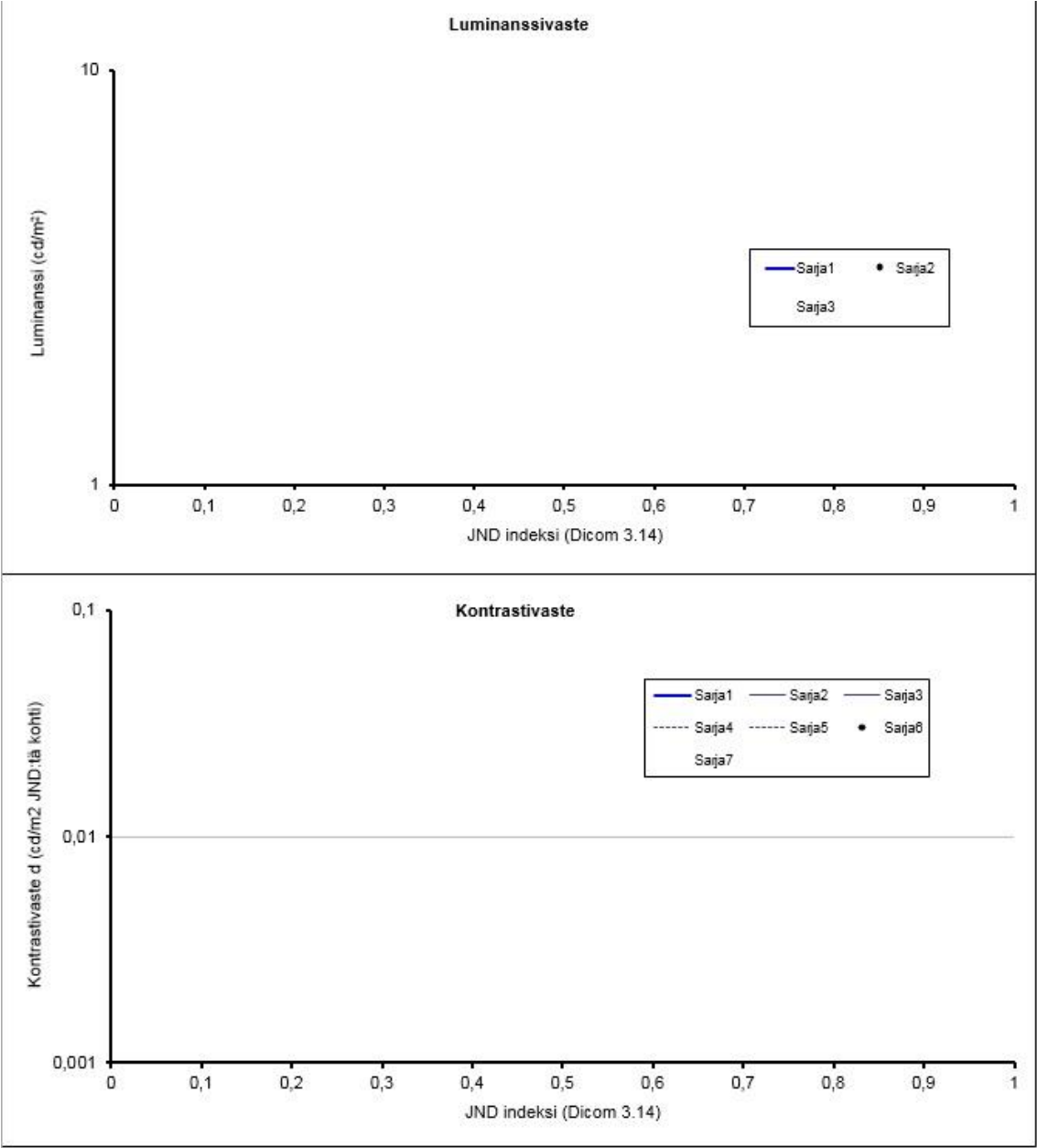
1. Röntgentutkimukset terveydenhuollossa, ohje 3.3, Säteilyturvakeskus, 2014.
2. Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri, HUS kotisivut.
3. Assessment of Display Performance for Medical Imaging Systems., Report of 64 the American Association of Physicists in Medicine (AAPM), Task Group 18, Medical Physics Publishing, Madison, WI, AAPM On-Line Report No. 3, 2005.
4. DICOM PS3.1 2016a - *Introduction and overview*, National Electrical Manufacturers Association, 2016.
5. Pohjonen R., *Tietojärjestelmien kehittäminen*, Docendo Finland Oy, 2002.
6. Microsoft, kotisivu, *Microsoft Access*.
7. Hovi A., Huotari J., Lahdenmäki T., *Tietokantojen suunnittelu & indeksointi*, Docendo Finland Oy, 2005.
8. Microsoft, kotisivu, *Microsoft Excel*.
9. Roff, T.J., *ADO:ActiveX Data Objects*, Chapter 1, O'Reilly Media, Inc, 2001.
10. Nyholm J., *Ohjelmisto projektien analyysi ketterien menetelmien kannalta*, 2011.
11. Mustaniemi J., *Käytettävyyden arviointimenetelmät*, Jyväskylän yliopisto, 2009.

Alkuperäinen mittauspöytäkirja

HUS-Röntgen				Monitorien laadunvarmistus			
Mittauslomake				Huom. testikuvat katsotaan 1:1 koossa ja täydellä ikkunoinnilla.			
Mittaja(t)		Mittaja(t)		Mittaja(t)		Mittaja(t)	
Pvm		Pvm		Pvm		Pvm	
Sijainti		Sijainti		Sijainti		Sijainti	
Työaseman tunnus		Työaseman tunnus		Työaseman tunnus		Työaseman tunnus	
VASEN MONITORI				OIKEA MONITORI			
Monitorin yleistiedot				Monitorin yleistiedot			
merkki ja malli		merkki ja malli		merkki ja malli		merkki ja malli	
toimittaja		toimittaja		toimittaja		toimittaja	
HUS inv.numero		HUS inv.numero		HUS inv.numero		HUS inv.numero	
hankintapäivä		hankintapäivä		hankintapäivä		hankintapäivä	
takuuaika (kk)		takuuaika (kk)		takuuaika (kk)		takuuaika (kk)	
tuumakoko		tuumakoko		tuumakoko		tuumakoko	
LCD/CRT/plasma		LCD/CRT/plasma		LCD/CRT/plasma		LCD/CRT/plasma	
harmaasävyväri		harmaasävyväri		harmaasävyväri		harmaasävyväri	
käyttöluokka (1/2)		käyttöluokka (1/2)		käyttöluokka (1/2)		käyttöluokka (1/2)	
resoluutio		resoluutio		resoluutio		resoluutio	
käyttömäärä BL		käyttömäärä BL		käyttömäärä BL		käyttömäärä BL	
käyttömäärä DL		käyttömäärä DL		käyttömäärä DL		käyttömäärä DL	
kontrastisäätö		kontrastisäätö		kontrastisäätö		kontrastisäätö	
kirkkaussäätö		kirkkaussäätö		kirkkaussäätö		kirkkaussäätö	
virikistystaajuus		virikistystaajuus		virikistystaajuus		virikistystaajuus	
värimäärä		värimäärä		värimäärä		värimäärä	
liitäntä-/käyttötyyppi		liitäntä-/käyttötyyppi		liitäntä-/käyttötyyppi		liitäntä-/käyttötyyppi	
Ympäristön valaistus ja heijastukset (pimeä näyttö ja TG18-AD)				Ympäristön valaistus ja heijastukset (pimeä näyttö ja TG18-AD)			
Näytön pinta	k/e	2-luokkaraja		Näytön pinta	k/e	2-luokkaraja	
puhdas	k		k	puhdas	k		k
peiliheijastukset	k		e	peiliheijastukset	k		e
illuminanssi ja L-amb	lux	1-luokkaraja	2-luokkaraja	illuminanssi ja L-amb	lux	1-luokkaraja	2-luokkaraja
illuminanssi (lux)		10	50	illuminanssi (lux)		10	50
L-amb (cd/m ²)		-	-	L-amb (cd/m ²)		-	-
Monitorin suorituskyvyn yleisarvio (TG18-QC)				Monitorin suorituskyvyn yleisarvio (TG18-QC)			
Matalakontrastikohteet	k/e	2-luokkaraja		Matalakontrastikohteet	k/e	2-luokkaraja	
5% ja 95% ruutu	k		k	5% ja 95% ruutu	k		k
QC-tekstit (3 kpl)	k		k	QC-tekstit (3 kpl)	k		k
kulmaneliöt	k		k	kulmaneliöt	k		k
Resoluutiokohteet	ref.luokka	1-luokkaraja	2-luokkaraja	Resoluutiokohteet	ref.luokka	1-luokkaraja	2-luokkaraja
Cx -kuvien ref.luokka	0	4	6	Cx -kuvien ref.luokka	0	4	6
viivaparit yhtä kirkkaat	k		k	viivaparit yhtä kirkkaat	k		k
Gradienttien	k/e	2-luokkaraja		Gradienttien	k/e	2-luokkaraja	
vasen ja oikea	k		k	vasen ja oikea	k		k

Artefaktat	k/e	2-luokkaraja		Artefaktat	k/e	2-luokkaraja	
videoartefaktat	e		e	videoartefaktat	e		e
läiskät/pisteet	e		e	läiskät/pisteet	e		e
haamukuvat	e		e	haamukuvat	e		e
kaiut	e		e	kaiut	e		e
epätasaisuus	e		e	epätasaisuus	e		e
geometriset vääristymät	e		e	geometriset vääristymät	e		e
Kohina (TG18-AFC)				Kohina (TG18-AFC)			
testikuvassa näkyvät neljännekset (0-4)	lkm	1-luokkaraja	2-luokkaraja	testikuvassa näkyvät neljännekset	lkm	1-luokkaraja	2-luokkaraja
	3	3	2		3	3	2
Pikselivirheet, tasaisuus ja kromaattisuus (TG18-UN10 ja TG18-UN80)				Pikselivirheet, tasaisuus ja kromaattisuus (TG18-UN10 ja TG18-UN80)			
Pikselivirheet	kpl	2-luokkaraja		Pikselivirheet	kpl	2-luokkaraja	
kirkkaat pikselit	0	TG18-UN10	2	kirkkaat pikselit	0	TG18-UN10	2
tummat pikselit	0	TG18-UN80	2	tummat pikselit	0	TG18-UN80	2
Tumma tasaisuus	cd/m²	TG18-UN10		Tumma tasaisuus	cd/m²	TG18-UN10	
keskellä				keskellä			
oik ylä				oik ylä			
vas ylä				vas ylä			
oik ala				oik ala			
vas ala		1-luokkaraja		vas ala		1-luokkaraja	
Suurin	-	30%		Suurin	-	30%	
Kirkas tasaisuus	cd/m²	TG18-UN80		Kirkas tasaisuus	cd/m²	TG18-UN80	
keskellä				keskellä			
oik ylä				oik ylä			
vas ylä				vas ylä			
oik ala				oik ala			
vas ala		1-luokkaraja		vas ala		1-luokkaraja	
Suurin	-	30%		Suurin	-	30%	
Kromaattisuus		TG18-UN80		Kromaattisuus		TG18-UN80	
u'	0,0000	x		u'	0,0000	x	
v'	0,0000	y		v'	0,0000	y	
Näyttöparin kromaattisuusero				0,0000 0,0100			

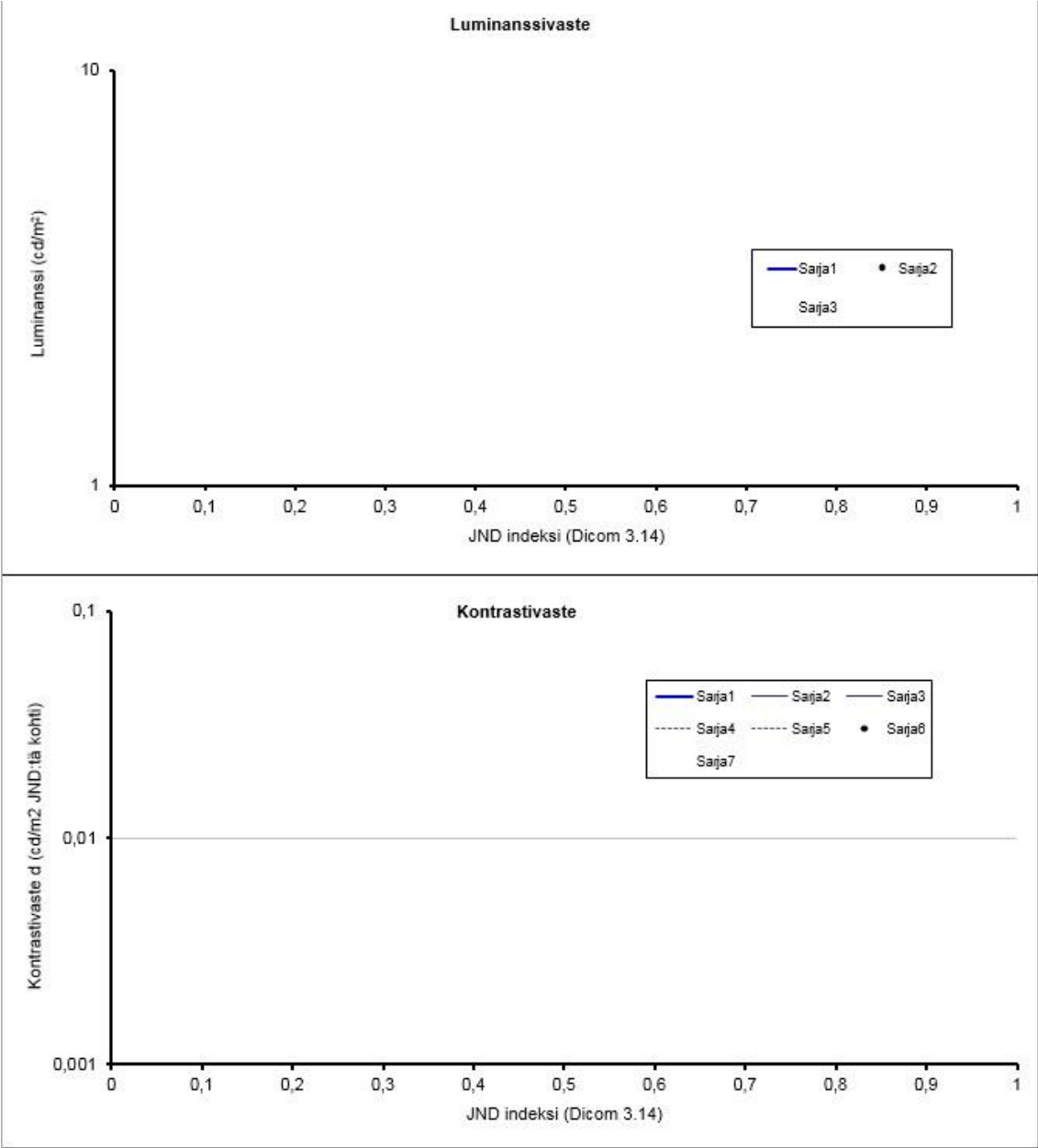
Luminanssi- ja kontrastivasteen mittaukset (TG18-LN kuvasarja)				Luminanssi- ja kontrastivasteen mittaukset (TG18-LN kuvasarja)			
Luminanssiarvot	cd/m²	Lum.vaste	Kontrastivaste	Luminanssiarvot	cd/m²	Lum.vaste	Kontrastivaste
L ₁		-	-	L ₁		-	-
L ₂		-	-	L ₂		-	-
L ₃		-	-	L ₃		-	-
L ₄		-	-	L ₄		-	-
L ₅		-	-	L ₅		-	-
L ₆		-	-	L ₆		-	-
L ₇		-	-	L ₇		-	-
L ₈		-	-	L ₈		-	-
L ₉		-	-	L ₉		-	-
L ₁₀		-	-	L ₁₀		-	-
L ₁₁		-	-	L ₁₁		-	-
L ₁₂		-	-	L ₁₂		-	-
L ₁₃		-	-	L ₁₃		-	-
L ₁₄		-	-	L ₁₄		-	-
L ₁₅		-	-	L ₁₅		-	-
L ₁₆		-	-	L ₁₆		-	-
L ₁₇		-	-	L ₁₇		-	-
L ₁₈		-	-	L ₁₈		-	-
RMS poikkeama kontrastivasteelle		1-luokkaraja	2-luokkaraja	RMS poikkeama kontrastivasteelle		1-luokkaraja	2-luokkaraja
	-	10%	20%		-	10%	20%
L' _{min} (cd/m ²)	-			L' _{min} (cd/m ²)	-		
L' _{max} (cd/m ²)	-	171	100	L' _{max} (cd/m ²)	-	171	100
Luminanssisuhde		250	100	Luminanssisuhde		250	100
Näyttöparin maksimiluminanssien (L' _{max}) ero				- 10%			



Mittauspöytäkirja V.2

HUS-Kuvantaminen				VIE TIEDOT TIETOKANTAAN			
Monitorien laadunvarmistus							
Mittauspöytäkirja							
Mittaja(t)	MA, JV			Mittaja(t)	MA, JV		
Päivämäärä	1.1.2015			Päivämäärä	1.1.2015		
Sairaala	Hyvinkää			Tila	RTG		
Työasematunnus	12345W			Näytönohjaaja	MXRT400		
Monitorin yleistiedot							
VASEN				OIKEA			
Merkki	Barco			Merkki	Barco		
Malli	MDGC			Malli	MDGC		
Sarjanumero	1234			Sarjanumero	1234		
HUS inv.numero	1123456			HUS inv.numero	1123457		
Väri	V			Väri	MV		
Resoluutio	1200x1600			Resoluutio	1600x1200		
Käyttömäärä BL	112233			Käyttömäärä BL	112233		
Käyttömäärä DL	221133			Käyttömäärä DL	221133		
Ympäristön valaistus ja heijastukset (pimeä näyttö ja TG18-AD)							
Näytön pinta	k/e		2-luokkaraja	Näytön pinta	k/e		2-luokkaraja
Puhdas	k	OK	k	Puhdas	k	OK	k
Peiliheijastukset	e	OK	e	Peiliheijastukset	e	OK	e
Illuminanssi ja L-amb	lux	1-luokkaraja	2-luokkaraja	Illuminanssi ja L-amb	lux	1-luokkaraja	2-luokkaraja
Illuminanssi (lux)	15,30	10	50	Illuminanssi (lux)	15,3	10	50
L-amb(cd/m2)	0,13	0,16	0,32	L-amb(cd/m2)	0,13	0,16	0,32
Luminanssi ja kontrastivasteen mittaukset							
Luminanssiarvot	cd/m2	Lum.vaste	Kontrastivaste	Luminanssiarvot	cd/m2	Lum.vaste	Kontrastivaste
L1	0,67	99,96 %	19,06 %	L1	0,67	99,96 %	19,06 %
L2	1,33	85,69 %	2,95 %	L2	1,33	85,69 %	2,95 %
L3	2,46	84,13 %	2,69 %	L3	2,46	84,13 %	2,69 %
L4	4,17	85,30 %	14,65 %	L4	4,17	85,30 %	14,65 %
L5	6,91	91,03 %	2,85 %	L5	6,91	91,03 %	2,85 %
L6	10,07	90,02 %	1,62 %	L6	10,07	90,02 %	1,62 %
L7	14,40	90,54 %	5,32 %	L7	14,40	90,54 %	5,32 %
L8	20,28	92,14 %	3,47 %	L8	20,28	92,14 %	3,47 %
L9	27,78	93,13 %	7,82 %	L9	27,78	93,13 %	7,82 %
L10	37,89	95,27 %	3,43 %	L10	37,89	95,27 %	3,43 %
L11	50,33	96,18 %	5,18 %	L11	50,33	96,18 %	5,18 %
L12	66,43	97,52 %	4,31 %	L12	66,43	97,52 %	4,31 %
L13	86,68	98,60 %	4,84 %	L13	86,68	98,60 %	4,84 %
L14	112,40	99,81 %	1,34 %	L14	112,40	99,81 %	1,34 %
L15	143,60	100,13 %	0,81 %	L15	143,60	100,13 %	0,81 %
L16	182,30	100,33 %	1,69 %	L16	182,30	100,33 %	1,69 %
L17	229,10	99,93 %	0,23 %	L17	229,10	99,93 %	0,23 %
L18	288,20	99,98 %		L18	288,20	99,98 %	
		1-luokkaraja	2-luokkaraja			1-luokkaraja	2-luokkaraja
RMS Poikkeama kontrastivasteelle	6,83 %	10 %	20 %	RMS Poikkeama kontrastivasteelle	6,83 %	10 %	20 %
Lmin(cd/m2)	0,8			Lmin(cd/m2)	0,8		
Lmax(cd/m2)	288,33	171	100	Lmax(cd/m2)	288,33	171	100
Luminanssisuhde	360,41	250	100	Luminanssisuhde	360,41	250	100
Näyttöparin maksilliluminanssien arvo (Lmax) ero					0,00 %	10 %	

Lisätiedot



Tietokannan taulukko

Relationships	
Monitori	
Merkki	
Malli	
Päivämäärä	
Mittaaja	
Näytönohjain	
Sairaala	
Tila	
HUSinv_nro	
Väri	
Resoluutio	
Käyttömäärä_BL	
Käyttömäärä_DL	
Illuminanssi	
Tummat_pikselit	
Kirkkaat_pikselit	
Suurin_tasaisuuspoikkeamat	
Suurin_tasaisuuspoikkeamak	
RMS_Poikkeama_kontrastivasteelle	
Luminanssisuhde	
Sarjanumero	
Lmin	
Lmax	
Kromero	
Toimenpide	
ID	

Tiedostonhakukoodi

```
Sub GetPath()
```

```
Dim FName As Variant
```

```
FName=Application.GetOpenFilename(filefilter:="Access  
Files,*.acc*")
```

```
Sheet1.Range("H17").Value = FName
```

```
End Sub
```

Tiedonsiirtokoodi

```
Sub Export_Data()  
  
Dim cnn As ADODB.Connection 'dim the ADO collection class  
  
Dim rst As ADODB.Recordset 'dim the ADO recordset class  
  
Dim dbPath  
  
Dim x As Long, i As Long  
  
Dim nextrow As Long  
  
On Error GoTo errorHandler: 'add error handling  
  
'Variables for file path and last row of data  
  
dbPath = ActiveSheet.Range("H17").Value  
  
nextrow = Cells(Rows.Count, 1).End(xlUp).Row  
  
Set cnn = New ADODB.Connection 'Initialise the collec-  
tion class variable  
  
'Check for data  
  
If Sheet1.Range("A2").Value = "" Then  
  
MsgBox " Taulukosta puuttuu tietoja. Täytä mittauspöytäkirja ja  
yritä uudelleen "  
  
Exit Sub  
  
End If  
  
'Connection class is equipped with a --method-- named Open  
  
'--4 aguments-- ConnectionString, UserID, Password, Options'Con-  
nectionString formula--Key1=Value1;Key2=Value2;Key_n=Value_n;
```

```
Debug.Print "Provider=Microsoft.ACE.OLEDB.12.0;Data Source=" &
dbPath & ";Persist Security Info=False;"
```

```
cnn.Open "Provider=Microsoft.ACE.OLEDB.12.0;Data Source=" &
dbPath & ";Persist Security Info=False;"
```

```
'two primary providers used in ADO SQLOLEDB --Mi-
crosoft.JET.OLEDB.4.0 --Microsoft.ACE.OLEDB.12.0
```

```
'OLE stands for Object Linking and Embedding, Database
```

```
'ADO library is equipped with a class named Recordset
```

```
Set rst = New ADODB.Recordset 'assign memory to the recordset
```

```
'ConnectionString Open '--5 arguments--
```

```
'Source, ActiveConnection, CursorType, LockType, Options
```

```
rst.Open Source:="Monitori", ActiveConnection:=cnn, _
```

```
CursorType:=adOpenDynamic, LockType:=adLockOptimistic, _
```

```
Options:=adCmdTable
```

```
'you now have the recordset object
```

```
'add the values to it
```

```
For x = 2 To nextrow
```

```
rst.AddNew
```

```
For i = 1 To 24
```

```
rst(Cells(1, i).Value) = Cells(x, i).Value
```

```
Next i
```

```
rst.Update
```

```
Next x
```

```
'close the recordset

rst.Close

' Close the connection

cnn.Close

'clear memory

Set rst = Nothing

Set cnn = Nothing

'communicate with the user

MsgBox " Mittaustiedot on lähetetty tietokantaan onnistuneesti "

'Update the sheet

Application.ScreenUpdating = True

On Error GoTo 0

Exit Sub

errHandler:

'clear memory

Set rst = Nothing

Set cnn = Nothing

MsgBox "Error " & Err.Number & " (" & Err.Description & ") in
procedure Export_Data"

End Sub
```


Ohjeet käytettävyyssarviotestiin ja ylläpitoon

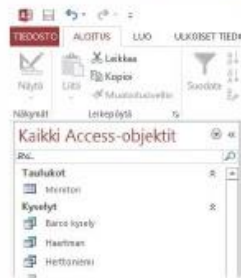
Ohjeet Access tietokannan ylläpitoon

1. Lisääminen

Haluat lisätä uuden kyselyn (kohta 2), lomakkeen (kohta 3) tai raportin (kohta 4).



KUVA 1. LUO-välilehden ominaisuudet.



KUVA 2. Kaikki Access-objektit

2. Uuden kyselyn luominen.

- Löytyykö järjestelmästä jo ennestään samantyylinen kysely? (Esim. uusi mallikohtainen kysely)
 - Jos vastasit KYLLÄ, niin valitse "Accessin Kaikki Objektit" (Kts. kuva 2) listasta haluttu kysely ja kopioi se.
 - Liitä kopioitu kysely järjestelmään ja anna sille uusi nimi.
 - Etsi uusi kysely objekti listasta ja avaa sen rakennennäkymä. (Klick hiiren oikealla)
 - Muuta kyselyrakenteesta ehtoja ja tallenna se.

Kenttä:	Sairaala	Tila
Taulukko:	Monitori	Monitori
Näytä:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ehdot:	"Järvenpää"	

- Jos vastasit EI, niin valitse Accessin LUO – välilehdeltä "Ohjattu kyselyn luominen".
- Valitse yksinkertainen kysely.

- Määritä kyselyn kenttien lähde. (Oletuksena Taulukko:Monitori, mutta voit myös toista kyselyä.)
- Valitse käytettävissä olevista kentistä haluamasi ja siirrä ne oikealle puolelle valituiksi kentiksi.(Huom. Halutessasi voit siirtää kentän takaisin)
- Määritä kyselylle nimi ja valitse kohta *"Muokkaa kyselyn rakennetta"* ja paina Valmis.
- Lisää mahdolliset kyselyehdot tai lajittelut.
- Tallenna kysely ja sulje se.

3. Uuden lomakkeen luominen.

- Valitse Accessin LUO –välilehdeltä *"Ohjattu lomakkeen luominen"*.
- Määritä lomakkeen kenttien lähde. (Oletuksena Taulukko:Monitori, mutta voit tehdä lomakkeen myös kyselystä.)
- Valitse käytettävissä olevista kentistä halutut kentät, joita lomakkeessa tullaan muokkaamaan tai tarkastelemaan.
- Valitse lomakkeen asettelunäkymä.
- Määritä lomakkeelle nimi ja valitse *"Avaa lomake, jos haluat tarkastella tai syöttää tietoja."*, jonka jälkeen voit painaa Valmis –painiketta.
- Nyt lomake aukeaa eteesi ja mikäli haluat muokata lomakkeen asettelua, niin klikkaa lomakkeen nimeä ja valitse *"Asettelunäkymä"*.
- Tallenna lomake ja sulje se.

4. Uuden raportin luominen.

- Valitse Accessin LUO –välilehdeltä *"Ohjattu raportin luominen"*.
- Määritä raportin kenttien lähde.
- Valitse käytettävissä olevista kentistä ne, jotka haluat raportissa näkyvän ja vie ne oikealle.
- Seuraavassa voit määrittää tietueiden lajittelujärjestyksen.
- Määritä raportin asettelu. (Oletus: Sarkainmuoto)
- Määritä raportin suunta. (Jos paljon kenttiä, niin kannattaa valita vaak –asettelu.)
- Määritä raportille nimi.
- Valitse *"Esikatsela raporttia"* ja paina Valmis.
- Mikäli raportin asettelua tarvitsee vielä muokata, klikkaa raportin nimeä ja valitse *"Asettelunäkymä"*.
- Muokkaa raportti oikeanlaiseksi ja lopuksi tallenna se.

2. Taulukon tietojen muokkaaminen

1. Avaa Access tietokanta ja tarkastele sen "Kaikki Access –objektit" kohtaa.
2. Mikäli haluat muokata/poistaa äsken lisättyjä tietoja, valitse lomake "Monitorit viimeksi mitattu".
3. Avaa lomake.
4. Etsi lomakkeesta oikea lähde. (Huom. etsiminen on helpompaa "Etsi tietue" –painikkeen avulla.
5. Muokkaa tietuetta ja paina Päivitä –painiketta.
6. Jos haluat poistaa lomakkeesta tietyn rivin, niin valitse se ja klikkaa "Poista tietue" –painiketta.
7. **HUOM.** Mikäli teet Monitori taulukkoon rakenteellisia muutoksia, niin Export toiminto ei välttämättä toimi enää. Mikäli lisäät taulukkoon uusia tietueita, niin varmista, että ne tulevat listan viimeiseksi!

3. Taulukon tietueiden poistaminen

1. Avaa Access tietokanta ja tarkastele sen "Kaikki Access –objektit" kohtaa.
2. Valitse taulukoista "Monitori".
3. Etsi taulukosta halutut tietueet apuna käyttäen taulukon alalaidassa olevia suodatuksia tai haku-toimintoa.
4. Valitse halutut rivit ja paina DEL-näppäintä näppäimistöäsi.
5. Access kysyy, että haluatko poistaa tietueet, joten valitse kyllä TAI ei, jos mieli on muuttunut.



KUVA 3. Ohjausobjektit.

4. Kotisivun muokkaaminen

1. Avaa Access tietokanta ja tarkastele sen "Kaikki access –objektit" kohtaa.
2. Valitse Lomake –otsikon alapuolelta "Kotisivu", klikkaa sitä hiiren oikealla puolella ja valitse "rakennennäkymä".
3. Tee kotisivulle haluamasi muokkaukset apuna käyttäen RAKENNE –välilehden työkaluja.
 - a. Esim. Painikkeen lisääminen.
 - b. Valitse työkaluriviltä painike. (Kts. Kuva 3. neljän x laatikko)
 - c. Tee painike kotisivulle, jolloin eteen aukeaa "Ohjattu komentopainikkeen luominen" –osio.
 - d. Valitse haluttu toiminto.
 - e. Valitse seuraava ja muokkaa painikkeen tekstiä tai kuvaa.
 - f. Paina Valmis.

Käytettävyysarviotesti

Monitorien laadunvarmistus prosessi – Käytettävyys testi

1. Laatija	Martti Aholola
2. Päiväys	8.12.2015
3. Prosessi	Laadunvarmistusprosessi
4. Nimi	Monitorien mittaustietojen syöttö pöytäkirjaan ja niiden siirto tietokantaan. Tietokannassa tietojen tarkasteleminen, muokkaus ja poisto.
5. Suorittaja	
6. Esitiedot	Uuden prosessin käyttöönotto.
7. Kuvaus	<ol style="list-style-type: none"> Käyttäjä syöttää mittaustiedot mittauspöytäkirjaan. Käyttäjä määrittää tietokannan sijainnin ja vie tiedot sinne. Käyttäjä saa ilmoituksen onnistuneesta viennistä. Käyttäjä tallentaa mittauspöytäkirjan haluttuun sijaintiin. Käyttäjä avaa Access tietokannan. Käyttäjä muokkaa äskettäin lisättyjä mittaustietoja. Käyttäjä haluaa poistaa äskettäin lisätyt (ja muokatut) mittaustiedot. Käyttäjä tarkastelee haluamaansa raporttia/kyselyä. Käyttäjä lisää uuden kyselyn ja muokkaa kyselyperusteita. Käyttäjä tekee kyselystä raportin. Käyttäjä sulkee tietokannan.
8. Poikkeukset	
12. Lopputulos	
13. Muut vaatimukset	<ol style="list-style-type: none">
14. Arviointiosuus	Arvo asteikolla 0-10
1. Arvioi prosessin tehokkuutta.	
2. Arvioi prosessin tuloksellisuus.	
3. Arvioi prosessin käytön mukavuutta.	
4. Arvioi prosessin hyväksyttävyys.	
5. Arvioi tyytyväisyyttäsi.	
6. Arvioi järjestelmän hyödyllisyyttä.	